การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.พีร วงศ์อุปราช)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิยดา คำเอม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม)

.....กรรมการ

(ดร.พีร วงศ์อุปราช)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก พานทอง)

.....กรรมการ

(ดร.สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี) และวิทยาการปัญญา

วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน รวมทั้งให้ข้อคิดเห็นที่เป็นกำลังใจแก่นิสิตในช่วงระยะเวลาที่พบเจอปัญหาอุปสรรคระหว่างดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ ดร.พีร วงศ์อุปราช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ ทำให้ดุษฎีนิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงจนทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวก สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิตวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาทุกคนที่เป็นกำลังใจซึ่งกันและกันด้วยดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่า ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานดุษฎีนิพนธ์ ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และขอบคุณครอบครัวที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจตลอดมา ประโยชน์ของดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล

58810005: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;
ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)
คำสำคัญ: ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น/ เด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์/ ปัญญาสมานกาย/ ความจำขณะคิด

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล: การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย (ENHANCING EARLY MATHEMATICS ABILITIES AND WORKING MEMORY IN PRESCHOOL CHILDREN AT RISK OF DYSCALCULIA USING A NUMERICAL DEVELOPMENT AND EMBODIED COGNITION PROGRAM) คณะกรรมการผู้ควบคุมดุษฎีนิพนธ์: ปิยะทิพย์ ประดุจพรม, Ph.D., พีร วงศ์อุปราช, Ph.D. 327 หน้า. ปี พ.ศ. 2564.

เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ควรได้รับการช่วยเหลืออย่างเหมาะสมตั้งแต่วัยเด็กเล็ก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้โปรแกรมกับกลุ่มที่ใช้วิธีการสอนด้วยกิจกรรมในชั้นเรียนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาล 3 ที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการคัดกรอง จำนวน 100 คน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 50 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตามเป็นแบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและแบบทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลขแบบย้อนกลับและกิจกรรมทดสอบด้านมิติสัมพันธ์แบบย้อนกลับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, สถิติทดสอบไคสแคว์, การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว, การทดสอบที, การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบทางเดียว และค่าขนาดอิทธิพล

ผลการวิจัยปรากฏว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดความสอดคล้อง S-CVI/Ave = .97 และกลุ่มที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายกับกลุ่มที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ หลังการทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.37 และการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.28

58810005: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)
KEYWORDS: EARLY MATHEMATICS/ CHILDREN AT RISK OF DYSCALCULIA/ EMBODIED COGNITION/ WORKING MEMORY

AREE HANSOMSAKKUL: ENHANCING EARLY MATHEMATICS ABILITIES AND WORKING MEMORY IN PRESCHOOL CHILDREN AT RISK OF DYSCALCULIA USING A NUMERICAL DEVELOPMENT AND EMBODIED COGNITION PROGRAM. ADVISORY COMMITTEE: PIYATHIP PRADUJPROM, Ph.D., PEERA WONGUPPARAJ, Ph.D. 327 P. 2021.

Preschool children at risk of dyscalculia can be ameliorated if an appropriate intervention is provided at an early age. This research aimed to develop an educational program for promoting numerical development and embodied cognition for preschool children at risk of dyscalculia, and to assess its effectiveness. One hundred kindergarten children participated in the study, randomly divided into experimental and control groups of equal size. Twenty training sessions were involved, with backward digit span and Corsi block tests administered in both groups at the end of the sessions. Data were analyzed using descriptive statistics (mean, standard deviation), Chi–square tests, one–way ANOVA, dependent t-test, one–way MANCOVA, and effect size estimates.

Results showed that the developed program had an S-CVI/Ave value of .97. The post-test response accuracy scores for mathematics ability of the experimental group were significantly greater than those of the control group at the .05 level of significance. Response times in the experimental group were significantly lower (p<.01) with a large effect size ($\eta p2$) = 0.37. Post-test response accuracy scores for working memory tasks (i.e., backward digit span and Corsi-block) of the experimental group were significantly higher than those of the control group (p<.01), also with a large effect size ($\eta p2$) = 0.28.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

กรอบแนวคิดในการวิจัย 8

สมมติฐานของการวิจัย 13

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 13

ขอบเขตของการวิจัย 14

นิยามศัพท์เฉพาะ 16

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 22

ตอนที่ 1 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทาง
การเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย 23

1.1 ความหมายของพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย 23

1.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย 23

1.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย 29

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย 37

ตอนที่ 2 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่อง
ในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 49

2.1 ความหมายความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 49

2.2 สาเหตุของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 54

2.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 56

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 58

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตอนที่ 3 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	62
3.1 ความหมายการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	63
3.2 แนวคิดการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	63
3.3 ประเภทของแบบประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	64
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์	67
ตอนที่ 4 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญญาสมานกาย	70
4.1 ความหมายของปัญญาสมานกาย	70
4.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย	71
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย	75
3 วิธีดำเนินการวิจัย	87
ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	88
ระยะที่ 2 ผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	100
4 ผลการวิจัย	120
ระยะที่ 1 ผลของการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	121
ตอนที่ 1 ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	121
ตอนที่ 2 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	125
ระยะที่ 2 ผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	130
ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง	134
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	136

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	142
ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	146
ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	151
ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	156
5 สรุปและอภิปรายผล	162
สรุปผลการวิจัย	163
อภิปรายผลการวิจัย	178
ข้อเสนอแนะ	188
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	188
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	189
บรรณานุกรม	191
ภาคผนวก	214
ภาคผนวก ก	215
ก – 1 หนังสือรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย	216
ก – 2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย	217
ก – 3 ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย	218
ภาคผนวก ข	219
ข – 1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	220
ข – 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ	222
ภาคผนวก ค	233
ค - 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	234
ค - 2 แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number sets test (NST)	235

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ค - 3 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 237

ค - 4 แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 240

ค - 5 แบบทดสอบระดับเชาว์ปัญญาชนิดไม่ใช้ภาษา (PTONI) 243

ค - 6 แบบประเมินการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาลโดยใช้แผ่นทดสอบ Lea Chart (สปสช.) 245

ค - 7 แบบวัดตาบอดสี (Trusetal Hardy-Rand-Rittler Farbtest: H-R-R Test) 247

ภาคผนวก ง 248

ง - 1 คู่มือการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 249

ภาคผนวก จ 294

จ - 1 แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA 3) 295

จ - 2 ชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1 297

ภาคผนวก ฉ 303

ฉ - 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 304

ฉ - 2 ข้อมูลดิบกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม 309

ฉ - 3 ข้อมูลดิบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม 312

ภาคผนวก ช 315

ช - 1 ภาพการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 316

ช - 2 ภาพการตรวจสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือก 317

ช - 3 ภาพกิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ 318

ช - 4 ภาพการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด 320

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ซ	323
ซ - 1 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-1	324
ซ - 1 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-2	325
ซ - 1 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-3	326
ประวัติย่อของผู้วิจัย	327

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ทบทวนวรรณกรรมการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย	82
3-1	แบบแผนการทดลอง	102
3-2	แผนการดำเนินกิจกรรมทดลองใช้โปรแกรม	117
3-3	เกณฑ์การแปลผลค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size)	118
4-1	ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	121
4-2	ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้แนวทางปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	125
4-3	ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมเพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น	127
4-4	ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมเพื่อเพิ่มความจำขณะคิด	127
4-5	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการศึกษานำร่องความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด	128
4-6	ลักษณะของผู้ร่วมการทดลอง จำแนกตามลักษณะทั่วไป	135
4-7	ผลการเปรียบเทียบผู้ร่วมการทดลองตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	136
4-8	ตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	139
4-9	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	142
4-10	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	143
4-11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองโดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	145
4-12	ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองโดยมีระดับเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	146
4-13	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	147

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-14	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	148
4-15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	150
4-16	ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยมีระดับเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	150
4-17	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	151
4-18	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	152
4-19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	155
4-20	ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองโดยมีระดับเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	156
4-21	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	156
4-22	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	158
4-23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	160

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม	161
5-1	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน	174

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	12
2-1	แสดงโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม เกี่ยวกับการประมวลผลเชิงตัวเลข	58
2-2	ตัวอย่างสิ่งเร้าที่เห็นได้จากเด็กในเงื่อนไข	66
2-3	แสดง (ซ้าย) มุมที่ร่วมและมุมศูนย์กลางของวงกลม (ขวา) เริ่มต้นท่าทางเพื่อแสดงมุมเหล่านี้	81
3-1	ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	88
3-2	การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	89
3-3	การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)	92
3-4	การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)	94
3-5	การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)	96
3-6	การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนเ (How is It Different or Identical?)	97
3-7	ขั้นตอนการศึกษาผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	100
3-8	ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)	105
3-9	ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)	107
3-10	แผ่นรูปร่างเรขาคณิตที่ใช้ในการทดลอง	107
3-11	แผ่นรูปร่างเรขาคณิตทั้งสี่สีที่ใช้ในการทดลอง	108
3-12	ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)	108
3-13	บัตรรูปสัตว์น้ำที่ใช้ในการทดลอง	109
3-14	บัตรรูปสัตว์บกที่ใช้ในการทดลอง	110

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-15	ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)	112
4-1	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการศึกษานำร่องความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด	129
4-2	แสดงวิธีการการคัดกรอง (Screening) ผู้ที่เขามาในสถานศึกษา	131
4-3	ทุกคนต่องสวมหนากากผาหรือหนากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่ในสถานศึกษา	132
4-4	ล้าง (Hand Washing) ล้างมือบ่อย ๆ ด้วยสบู่และน้ำ หรือเจลแอลกอฮอล์	132
4-5	เว้นระยะห่างระหว่างบุคคล อย่างน้อย 1 - 2 เมตร	133
4-6	ทำความสะอาด (Cleaning) ทำความสะอาดห้องเรียน และบริเวณต่าง ๆ ก่อนเข้าเรียน และหลังเลิกเรียน	133
4-7	ลดแออัด (Reducing) ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมใหสั้นลงเทาที่จำเป็น และหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมรวมตัวกันเป็นกลุมลดแออัด	134
4-8	ผลการเปรียบเทียบผู้ร่วมการทดลองตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	138
4-9	ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา: คะแนนต่ำสุด และคะแนนสูงสุด	141
4-10	ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา: ความเบ้ และความโด่ง	141
4-11	ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	143
4-12	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	144
4-13	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	147
4-14	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	148
4-15	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	152

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-16	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	153
4-17	ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	157
4-18	ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรม ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	158

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ การแก้ปัญหา (Problem Solving) ทั้งในด้านชีวิตประจำวัน การเปรียบเทียบปริมาณ ราคา สินค้าและบริการ การตัดสินใจบริโภคใช้สอยสิ่งต่าง ๆ การคำนวณรายรับรายจ่าย และด้านอื่น ๆ ที่ต้องใช้เหตุผลต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานทั้งสิ้น ในการเข้าถึงข้อมูลทางเศรษฐกิจเหล่านั้น เพื่อการตัดสินใจที่ดีกว่าในการดำเนินชีวิต (Wiest, 2007, pp. 47-55; Schaefer, 2018, p. 105) เป็นที่ยอมรับกันดีว่าการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาสำหรับเด็กบางคน และนำไปสู่ผลกระทบเชิงลบต่อโอกาสของชีวิตในการทำงาน (Bynner, 2006; Schaefer, 2018; Schaefer, 2018, p. 105) โอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วงต้นของเด็กแสดงให้เห็นผลต่อประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง (Maloney, Ramirez, Gunderson, Levine, & Beilock, 2015, p. 1480) เด็กที่เรียนรู้ช้า หรือมีปัญหาความบกพร่องในการเรียนรู้ตามแนวคิดทางคณิตศาสตร์ อาจจะเรียนตามเพื่อนร่วมชั้นวัยเดียวกันไม่ทันหากปราศจากการฝึกเพิ่มเติมอย่างเข้มข้น และยั่งยืน (Dyson, Jordan, & Glutting, p. 166) ได้รับการระบุว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจ เช่น บุคคลที่มีทักษะการคำนวณด้านตัวเลขที่บกพร่องจะแสดงความอ่อนแอมากขึ้นเมื่อได้รับผลกระทบจากสิ่งต่าง ๆ และอาจใช้อารมณ์เป็นปัจจัยในการตัดสินใจมากกว่าอ้างอิงข้อมูลเชิงตัวเลขในการตัดสินใจ (Peters, 2006, pp. 407-413; Schaefer, 2018, p. 105) การศึกษาในสหราชอาณาจักรได้แสดงให้เห็นว่าทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ดี ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานมากกว่าทักษะการเรียนรู้ทางการอ่านเขียน (Bynner, 1997, p. 51) ความวิตกกังวลมักเกี่ยวข้องกับความรู้สึกหวาดกลัว ความเครียด ความไม่สบายใจ ความอ่อนแอ และความวุ่นวายทางใจ เป็นต้น เมื่อบุคคลต้องเผชิญกับสถานการณ์อึดอัด (Ashcraft, 2002, pp. 181-185; Núñez-Peña, 2013, pp. 36-43) บุคคลที่มีความบกพร่องต้องเผชิญกับความวิตกกังวลเมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความรู้สึกนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในห้องเรียน ที่ทำงาน หรือการดำรงชีวิตประจำวัน (Ashcraft, 2001, p. 224; Ashcraft, 2005, p. 50) สภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่ก่อให้เกิดความวิตกกังวล อาจนำไปสู่ความรู้สึกไม่พึงใจ และสร้างทัศนคติเชิงลบต่อคณิตศาสตร์ ความกังวลของนักเรียนอาจทำให้เกิดการหลีกเลี่ยงการเรียนในหลักสูตร และท้ายที่สุดก็เลี่ยงการเลือกอาชีพที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ (Núñez-Peña, 2013, pp. 36-43)

คุณภาพของระบบการศึกษาไทยในปัจจุบันตามผลการประเมินคุณภาพทางด้านผู้เรียนสรุปได้ดังนี้ นักเรียนไทยมีผลการประเมินนานาชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ TIMSS 1995 ซึ่ง

TIMSS 2011 มีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.2) เพียง 28% มีผลการประเมินถึงระดับพื้นฐานตามมาตรฐานนานาชาติ (Basic International Standard) สัดส่วนนักเรียนที่มีผลการประเมินตั้งแต่ระดับกลาง (International Intermediate Benchmark) ขึ้นไป ลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป ยิ่งไปกว่านั้นนักเรียนที่มีผลการประเมินถึงระดับสูงกลับลดลง โดยเหลือเพียง 3% ใน TIMSS 2007 และ 2% ใน TIMSS 2011 และผล TIMSS 2015 ได้รับการจัดระดับความสามารถทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ที่ระดับต่ำ (Low International Benchmark) โดยมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาเรื่องจำนวนเต็ม และกราฟอย่างง่ายเท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2558, หน้า 13-15) ผลการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Students Assessment: PISA) PISA 2009 นักเรียนอายุ 15 ปี มากกว่าครึ่ง (51%) รู้เรื่องคณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐานนานาชาติ (ระดับ 2 ตามเกณฑ์ของ PISA) (สุนีย์ คล้ายนิล, 2558, หน้า 2-3) คะแนนเฉลี่ยของคณิตศาสตร์ใน PISA 2015 เป็นคะแนนมาตรฐานที่ 490 คะแนน คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยคือ 415 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (สสวท, 2561) ในขณะที่โลกกำลังให้ความสำคัญกับคณิตศาสตร์ และต้องการประชากรที่รู้คณิตศาสตร์ นักเรียนไทยกลับมีผลการเรียนรู้ที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง สวนทิศทางกับความต้องการของตลาดแรงงาน และความจำเป็นในการดำเนินชีวิตส่วนตัวในโลกปัจจุบัน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเด็นหลัก ดังนี้ 1) ปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนที่ไม่เหมาะสม (Butterworth, 2005, pp. 455-467) 2) ความวิตกกังวลทำให้มีการตอบสนองเชิงลบต่อการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ (Ashcraft, 2005, p. 50; Suárez-Pellicioni, 2016, pp. 3-22) ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์นี้ มีอิทธิพลต่อการเพิ่มภาระความจำขณะปฏิบัติการ โดยลดความสามารถในการจัดเก็บ และประมวลผลข้อมูล ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ (Ashcraft, 2002, p. 181-185; Beilock, 2005, pp. 101-105) 3) การบกพร่องทางภาษาอาจทำให้เกิดการปัญหาการคิดคำนวณล่าช้าจนทำให้ได้คะแนนคณิตศาสตร์ที่เรียนที่โรงเรียนต่ำ (Donlan, Cowan, Newton, & Lloyd, 2007, pp. 22-23) เมื่อเด็กเข้าใจความหมายของข้อความ จะช่วยในการตีความในการอ่านหนังสือ นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (Pimperton & Nation, 2010, pp. 255-268) และ 4) ความบกพร่องของกระบวนการทางปัญญาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคิดคำนวณของผู้เรียน ซึ่งเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้จะไม่สามารถเรียนรู้ทักษะทางคณิตศาสตร์ได้ (Butterworth, 2003, p. 62) แม้จะมีโอกาสเรียนรู้ตามปกติ และมีสติปัญญาเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้เหมือนบุคคลทั่วไป (Organization, 1994, p. 63) เด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นปัญหาการบกพร่องของกระบวนการทางปัญญาที่เฉพาะเจาะจง (Butterworth, 2005b, pp. 455-

467) ภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จะเกิดมาจากการขาดความเข้าใจในทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้เด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จะมีปัญหากับการเรียนรู้และจดจำข้อเท็จจริงทางเลขคณิต การเรียงลำดับ การคำนวณและการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Shalev & Gross-Tsur, 2001, pp. 337-342) เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เป็นความบกพร่องทางกระบวนการพื้นฐานทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจ หรือการใช้ภาษาแสดงออกถึงความบกพร่องทางการฟัง การคิด การพูด การอ่าน การเขียน การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ที่สืบเนื่องมาจากความบกพร่องของการทำหน้าที่ของสมอง ทำให้มีผลการเรียนแตกต่างจากเด็กปกติ เกิดช่องว่างระหว่างความเฉลียวฉลาดที่แท้จริงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สาวิตรี จุ้ยทอง, 2558, หน้า 121-132) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบประสาทช่วยในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับต้นกำเนิดของการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ที่ผิดปรกติและ ภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Kaufmann, 2008, pp. 163-175)

การเรียนการสอนในโรงเรียนที่สอนระดับชั้นประถมศึกษา มุ่งเน้นไปที่วิชาคณิตศาสตร์และการเรียนรู้ด้านภาษา แต่ทักษะความรู้ที่เด็กใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประเภทต่าง ๆ ยังคงเป็นประเด็นที่เกิดขึ้นใหม่ในด้านการศึกษา และได้รับความสนใจเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับด้านการอ่านและการเขียน ซึ่งในโรงเรียนนอกจากเด็กจะได้รับการเรียนการสอนทักษะทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหารแล้ว ยังได้รับคำถามเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับทักษะเฉพาะทางที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือการหาแนวทางที่ชัดเจนด้านกระบวนการทางปัญญาที่เด็กใช้ขณะเรียนรู้การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะประเภทต่าง ๆ ยังมีค่อนข้างน้อย (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005, pp. 293-304; Hart, Petrill, & Thompson, 2010, pp. 1-16; Maria Chiara Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007, pp. 165-184) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อจำแนกวิธีการพัฒนาเฉพาะทางด้านทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประเภทต่าง ๆ และให้คำแนะนำแก่นักการศึกษาเพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหาเด็กที่บกพร่องทางการเรียนรู้ได้อย่างตรงจุด (Bjork & Bowyer-Crane, 2013, pp. 1345-1360) กว่าทศวรรษที่ผ่านมานักวิจัยได้ระบุสองทักษะทางปัญญาที่มีความสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะแรกนั้นเกี่ยวข้องกับทักษะเฉพาะด้าน เช่น ความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ ทักษะการนับ และการแทนค่าตัวตัวเลขพื้นฐาน ส่วนทักษะที่สองคือ ทักษะทางปัญญา ด้านทักษะทั่วไปซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้หลายด้านที่ส่งผลโดยตรงทางคณิตศาสตร์ (เช่น ภาษา IQ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์) โดยเฉพาะหน้าที่ที่ใช้ทักษะที่จำเป็นในการตรวจสอบ และควบคุมความคิด การกระทำ บทบาทที่พวกเขาเรียนรู้ผ่านการเล่น และปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ (Bull & Lee, 2014, pp. 36-41; Cragg & Gilmore, 2014, pp. 63-68) แต่ยังขาดการเรียนรู้อย่างเป็นแบบแผนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่แรกเกิด (Dehaene, 1997, p. 110;

Hirschmann, Kastner-Koller, & Deimann, 2008, pp. 178-192) การศึกษาปฐมวัยในโรงเรียนมีรูปแบบการพูดถาม-ตอบ และการใช้เหตุผลเพื่อตอบคำถามทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเด็ก 4-6 ขวบ จะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็วที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Zulauf, Schweiter, & von Aster, 2003, pp. 222-230) การดูแลช่วยเหลือเด็กทุกคน ควรกำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบชัดเจน และเพิ่มโอกาสการเรียนรู้ที่เท่าเทียมกันด้วย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะสนับสนุนการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนอนุบาล (Grüßing & Peter-Koop, 2008, pp. 65-82; Krajewski & Schneider, 2006, pp. 246-262)

ประเทศไทยแม้ว่าการวินิจฉัยและคัดกรองบ่งชี้ นักเรียนที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ที่ผ่านมาอาจต้องผ่านการประเมิน หรือวินิจฉัยจากบุคลากรทางการแพทย์ แต่ได้มีนักการศึกษาบางท่านได้พัฒนาการวินิจฉัยและคัดกรอง เพื่อคัดกรองนักเรียนที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ขึ้น โดยเครื่องมือดังกล่าวมีผู้นำไปใช้ในการคัดกรองและมีการอ้างอิงถึงเพิ่มขึ้น งานวิจัยของ ศรียา นิยมธรรม (2538) ได้พัฒนาแบบคัดแยกเด็กที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ใช้สำหรับเด็กที่มีอายุระหว่าง 4 - 6 ปี และผดุง อารยะวิญญู (2553) ได้พัฒนาแบบสำรวจปัญหาในการเรียน (สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ, 2560, หน้า 65) นอกจากนี้ กระทรวงศึกษาธิการได้จัดทำคู่มือการคัดแยก และส่งต่อคนพิการเพื่อเป็นแนวทางให้กับทางโรงเรียนในการปฏิบัติการจัดการเรียนการสอน โดยเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมของเด็กใน 3 ด้าน คือ ด้านพฤติกรรมการเรียนภาษาไทย ด้านพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ และด้านพฤติกรรมโดยรวม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545, หน้า 64) แต่การศึกษาภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นกระบวนการทางปัญญากลับพบน้อยมาก รวมถึงประเด็นปัญหาเรื่องแบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของไทย (ประถมศึกษา) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งแบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ของกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับการคัดกรองคัดแยกนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เป็นการคัดกรองเพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวางแผนในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม (สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ, 2560) เนื่องจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ มีนโยบายการจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เรียนร่วมในโรงเรียนปกติ จึงได้จัดทำคู่มือการคัดแยกและส่งต่อคนพิการเพื่อเป็นแนวทางให้กับทางโรงเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) แบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะสมาธิสั้นบกพร่องทางการเรียนรู้ และออทิซึม (KUS-SI Rating Scales: ADHD/LD/Autism (PDDs)) (Chanpen, Pornnoppadol, Atsariyasing, & Hosiri, 2518, pp. 213-226) แบบทดสอบทักษะพื้นฐานทางวิชาการ Kasetsart Basic Academic Skills Test (KBAST) เพื่อประเมินความสามารถในการอ่านคำ การสะกดคำ การเข้าใจประโยค และการคิดคำนวณ (ดารณี อุทัยรัตนกิจ, 2556, หน้า 68-82) และ แบบทดสอบสติปัญญาที่ไม่ใช้ภาษา Naglieri Nonverbal Ability Test–Second Edition (NNAT2) วัดระดับสติปัญญาเพื่อแยกนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา กับนักเรียนที่

มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ออกจากกันให้ชัดเจน (ดารณี อุทัยรัตนกิจ, 2558, หน้า 68-82) ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นทั้งแบบคัดกรองซึ่งให้ครูเป็นผู้ประเมินพฤติกรรมภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และผู้เรียนประเมินตนเอง การคัดกรองส่วนใหญ่เป็นแบบใช้กระดาษและดินสอ ยังขาดความเจาะจงในการศึกษาถึงสาเหตุของปัญหากระบวนการทางปัญญาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคิดคำนวณของผู้เรียนตามวัย และในปัจจุบันมีแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (พีร วงศ์อุปราช, 2560)

ซึ่งในต่างประเทศมีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาประเด็นนี้ พบว่าเด็กที่พบความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ หน่วยความจำขณะคิดมีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบประสาทส่วนกลางที่สนับสนุนความรู้ความเข้าใจกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Chiara Passolunghi & Siegel, 2004, pp. 348-367) การสูญเสียความจำขณะคิด อาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในกระบวนการนี้ซ้ำ ๆ ซึ่งสิ่งนี้มีความสัมพันธ์กับความจำระยะยาว อาจนำไปสู่ที่ความผิดพลาดในท้ายที่สุดเมื่อการดึงข้อมูลมาใช้แก้ปัญหาง่าย ๆ เป็นไปได้ไม่ดี เด็กที่มีความจำขณะคิดไม่ดี อาจมีแนวโน้มที่ต้องใช้วิธีการสนับสนุนให้บรรลุผลลัพธ์จากภายนอกมากขึ้น (ใช้นิ้วแทนการนับด้วยวาจา) และมีขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์น้อยลง เพื่อติดตาม (Geary, Hoard, Byrd-Craven, & DeSoto, 2004, pp. 121-151; Noel, Seron, & Trovarelli, 2004, pp. 3-24)

ความผิดปกติเฉพาะของความสามารถทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีทางประสาทวิทยาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในพัฒนาการความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในขณะนี้ชี้ให้เห็นว่า สิ่งนี้มีต้นกำเนิดมาจากความบกพร่องของการแทนจำนวนด้วยภาพในสมองมนุษย์ หรือจากการเชื่อมต่อระหว่างสัญลักษณ์แทนตัวเลข ภาพถ่ายสมองที่ศึกษาพัฒนาการความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ยังแสดงให้เห็นว่า ความบกพร่องของพัฒนาการทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ อาจเชื่อมโยงกับความบกพร่องของการทำงานอื่น ๆ ภายในสมองกลีบข้าง (Szucs, Devine, Soltesz, Nobes, & Gabriel, 2013, pp. 2674-2688) ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เน้นการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินเพื่อระบุและติดตามพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้นและการแทรกแซงเพื่อสนับสนุนความต้องการด้านการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของเด็กเล็กในขั้นต้น (Barnes et al., 2016) มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความคิดสร้างสรรค์ทางรูปทรงเรขาคณิต ได้บอกว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีข้อดีสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องสัญลักษณ์ รูปร่าง ตาราง และตัวเลข นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาพได้ง่าย การประมวลผลข้อมูล สร้างแนวคิดที่แตกต่างทางแนวคิดที่ซับซ้อน และการคิดในรูปแบบที่แตกต่างได้อย่างง่ายดาย ดังนั้นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีบทบาทสำคัญต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะบนพื้นฐานของการสร้างภาพรูปทรงเรขาคณิต (Guzel & Sener, 2009, pp. 1763-1766) การศึกษาสถิติทางระบาดวิทยาพบว่าความ

บกพร่องทางการเรียนรู้ในการอ่านเป็นความผิดปกติที่แพร่หลายกว้างขวาง และส่งผลกระทบทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ต่อประชากรวัยเรียน 3.5-6.5% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเทศที่ศึกษา (Badian, 1983, p. 83; Gross Tsur, 1996, pp. 25-33; Shalev & Gross-Tsur, 2001, pp. 337-342) อย่างไรก็ตามทักษะด้านตัวเลขสามารถปรับปรุงได้โดยการเล่นเกมที่ใช้ตรรกะเชิงตัวเลข ซึ่งความจำขณะคิดนั้นสัมพันธ์กับความรู้สึกเชิงจำนวนที่เกี่ยวข้องกับด้านการเข้าใจความหมายของจำนวนด้วย (Kroesbergen, Van't Noordende, & Kolkman, 2012, pp. 295-313) เมื่อความผิดปกติในการเรียนรู้เกิดขึ้น อาจสามารถประเมินกลุ่มเสี่ยงได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรก ด้วยเหตุผลดังกล่าวการคัดกรองโดยมุ่งที่การประเมินกระบวนการทางปัญญาระดับพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ สามารถทำได้ตั้งแต่ช่วงเริ่มเรียนวิชาด้านการคำนวณเบื้องต้น อาจเป็นประโยชน์ในการวางแผนส่งต่อการวางแนวทางบำบัดรักษา การให้ความช่วยเหลือในด้านอื่น ๆ และการออกแบบการเรียนการสอนด้วยวิธีการที่เหมาะสมในเด็กกลุ่มเสี่ยงที่จะมีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ต่อไป (พีร วงศ์อุปราช, 2560)

จากสภาพปัญหาของเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีเรียนรู้ที่เหมาะกับการสอนเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งมีอยู่ 4 วิธีหลักที่เป็นสากล คือ 1) การสอนทางตรง (Direct Instruction) 2) ยุทธศาสตร์การแก้ปัญหา (Problem Solving Strategy) 3) วิธีสอนที่เน้นสติปัญญา (Cognitive Approach) และ4) การใช้เทคโนโลยีช่วยในการสอน (Assisted Technology) (Newcombe, Levine, & Mix, 2015) วิธีสอนที่เน้นสติปัญญาอาจการฝึกให้เด็ก ๆ เคลื่อนไหวร่างกายทำให้พวกเขาสามารถเคลื่อนไหวร่างกายในพื้นที่ที่กำหนด แสดงให้เห็นถึงการส่งเสริมสมรรถนะเชิงตัวเลขขั้นพื้นฐาน (เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับขนาด การเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา) (Dackermann, Fischer, Nuerk, Cress, & Moeller, 2017, pp. 545-557) การฝึกเคลื่อนไหวทำให้ทักษะด้านตัวเลขดีขึ้นในกลุ่มนักเรียนชั้นปีแรก การทดสอบความรู้เกี่ยวกับตัวเลขสองหลักของเด็ก เมื่อได้รับการประเมินทางคณิตศาสตร์ ผลการทดสอบยืนยันสมมติฐานที่ว่าการเคลื่อนไหวตามสภาวะจะส่งผลต่อการทดสอบสมรรถนะด้านตัวเลขสูงกว่าการไม่เคลื่อนไหว (Ruiter, Loyens, & Paas, 2015, pp. 457-474) ความคิดนี้สะท้อนให้เห็นทั่วไปในแนวคิดของปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) (Glenberg, 2010, pp. 586-596) แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการปัญญาสมานกายทำให้สามารถคาดการณ์เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับความรู้จะได้รับ และแสดงออกในสมองของมนุษย์ (Barsalou, 2010, pp. 716-724; Glenberg, 2010, pp. 586-596) หลักการพื้นฐานของปัญญาสมานกาย คือ ความคิดไม่ใช่สิ่งที่แยกออกจากร่างกาย การคิดได้รับอิทธิพลจากร่างกาย และสมองที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Glenberg, 2010, pp. 586-596; Glenberg, Witt, & Metcalfe, 2013, pp. 573-585) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรามีความสนใจในกิจกรรมการเคลื่อนไหวเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจด้าน

จำนวน ข้อสังเกตของการเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมการเคลื่อนไหวและความรู้ความเข้าใจ มีการรวบรวมหลักฐานที่เชื่อมโยงในการประมวลผลตัวเลขไปยังกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Di Luca & Pesenti, 2008, pp. 27-39) การฝึกปัญญาสมานกายเป็นวิธีการที่เป็นนวัตกรรมที่คิดค้นขึ้นบนพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านปัญญาทางคณิตศาสตร์รูป มีคุณค่าสำหรับการฝึกสมรรถนะเชิงจำนวนขั้นพื้นฐานในเด็กที่มีระดับความถนัดทางการเรียนรู้ที่ผสมผสานแตกต่างกันตามความสามารถของตนเอง (Dackermann et al., 2017, pp. 545-557)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาใน 2 ประเด็นหลัก คือ 1) เปรียบเทียบความแตกต่างของการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายกับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ และ 2) การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมปัญญาสมานกาย สำหรับสาเหตุสำคัญที่งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับการศึกษาเด็กปฐมวัยนั้น มีการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของเด็ก ทั้งด้านลำดับเลขและทักษะทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนอนุบาล ผลแสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกกับการพัฒนาด้านการนับและด้านจำนวนของเด็กก่อนวัยเรียน (Batchelor, Inglis, & Gilmore, 2015, pp. 79-88; Bojorque, Torbeyns, Hannula-Sormunen, Van Nijlen, & Verschaffel, 2017, pp. 449-462; Edens & Potter, 2013, pp. 235-243; Hannula & Lehtinen, 2005, pp. 237-256) และแนวโน้มทักษะด้านตัวเลขในโรงเรียนอนุบาลเป็นตัวพยากรณ์ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการประเมินใน 2 - 6 ปีต่อมา (Hannula-Sormunen, 2015, pp. 275-290; Hannula, Lepola, & Lehtinen, 2010, pp. 394-406) การสอนทักษะในโรงเรียนอนุบาลเน้นทางวิชาการมากขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งสององค์กรวิชาชีพชั้นนำในการศึกษาปฐมวัย และการศึกษาคณิตศาสตร์ได้ออกแถลงการณ์ร่วมดังต่อไปนี้ว่า "สภาแห่งชาติของครูคณิตศาสตร์ (NCTM) และสมาคมแห่งชาติเพื่อการศึกษาของปฐมวัย (NAEYC) ยืนยันว่าการเรียนรู้ด้านการคำนวณสำหรับเด็ก 3-6 ขวบ คือ พื้นฐานที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในอนาคต ในทุกช่วงวัยเด็กควรมีประสบการณ์ในการใช้หลักสูตรและการสอนที่มีประสิทธิภาพ (NAEYC, 2002, p. 141) โดยทั่วไปนักการศึกษาไม่เห็นด้วยที่จะแยกว่าเด็กคนใดในช่วงปฐมวัย เป็นเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เด็กที่มีอายุต่ำกว่า6 ขวบที่พบว่ามีความบกพร่องทางการเรียนรู้มักจะถูกระบุว่าเป็นเด็กที่มีความล่าช้าทางพัฒนาการ หรือเป็นเด็กกลุ่มเสี่ยง ซึ่งไม่ถือว่าอยู่ในประเภทใดใดของความบกพร่องตามที่ได้กำหนดไว้ แต่จากประสบการณ์และงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการที่เด็กได้รับการช่วยเหลืออย่างเหมาะสมตั้งแต่วัยเด็กเล็กจะทำให้ส่งผลดีต่อการศึกษาในระยะยาว (Lermer, 2006)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

2. เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายกับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ โดยพิจารณาจาก

2.1 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง

2.2 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.3 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง

2.4 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ บนพื้นฐานการศึกษาทฤษฎีปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) และทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) พัฒนาเป็นโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ซึ่งความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นความบกพร่องทางการเรียนรู้เฉพาะทางที่ส่งผลต่อทักษะทางการคิดคำนวณของเด็กที่มีสติปัญญาปกติที่ตามวัย แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์ของระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับจำนวน (Kucian et al., 2010, p. 228)

ทฤษฎีปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) ได้ศึกษาการประมวลผลเชิงตัวเลขเป็นทักษะที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับกลไกที่สัมพันธ์กันหลายอย่าง เช่น การทำความเข้าใจ

หลักการทางคณิตศาสตร์ การท่องจำ เรียกข้อมูล และข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ ในการประมวลผลตัวเลขโดยมีสมมติฐานหลักตามรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งระบบประสาทที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus: IPS) เป็นที่รู้จักกันในการตอบสนองเป็นตัวกระตุ้นตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ เช่น หมายเลขอารบิก (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) ส่วนสำคัญที่สุดจากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่า พัฒนาการในช่วงวัยเด็กตอนต้นก่อนที่การศึกษาในระบบจะเริ่มขึ้น ระบบแกนส่วน IPS จะทำหน้าที่ควบคุมการประมวลผลด้านตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์แทนการนับจำนวน ซึ่งกระบวนการทำงานด้านตัวเลขที่เกิดขึ้นในระบบแกนส่วน IPS นี้ อาจเป็นต้นกำเนิดทางพัฒนาการทางความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในวัยผู้ใหญ่ (Cantlon et al., 2006, p. 125) ระบบประสาทสองรูปแบบความบกพร่องนี้ (Rousselle & Noël, 2007, pp. 361-395) แบ่งความบกพร่องเป็นสมมติฐานของหน่วยจำนวน (Number Module) คือ ความบกพร่องเฉพาะทางของความสามารถในการทำความเข้าใจและการแสดงจำนวนที่อาจนำไปสู่บกพร่องการเรียนรู้ด้านจำนวนและทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระบบย่อย ดังนี้ (1) ระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System, PIS) และ (2) ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System, ANS) (พีร วงศ์อุปราช, 2560) ระบบแกนส่วน IPS นั้นสอดคล้องกับรูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสามสำหรับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข หรือ Triple Code Model (TCM) ถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการถ่ายภาพทางประสาทด้านการประมวลผลเชิงตัวเลขไปจนถึงการศึกษาเชิงพัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการได้มาทางคณิตศาสตร์โดยเน้นการพัฒนาเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Siemann & Petermann, 2018, pp. 106-117) เป็นโมเดลหลากหลายรูปแบบทางการประมวลผลเชิงตัวเลขโดยระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน มี 3 ด้าน คือ (1) ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) (2) ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) และ (3) ด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) (Kaufmann et al., 2013, pp. 106-113) และ 2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ (ได้แก่ ความจำระยะยาว ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำขณะคิด ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจ หรือการประมวลผลด้านรับสัมผัส) ซึ่งเป็นระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลเชิงตัวเลขอีกระบบหนึ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) มีบทบาทสำคัญในการรับรู้ระดับสูงรูปแบบความสำคัญกับหน่วยความจำขณะคิด และการนับจำนวนเป็นตัวตั้งต้นโดยตรงในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงต้น ถูกมองว่าเป็นคุณสมบัติทั่วไปมากขึ้นในขณะที่การนับจำนวนมีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้นกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Maria Chiara Passolunghi et al., 2007, pp. 165-184) หน่วยความจำขณะคิดเป็นความสามารถ

ในการจัดเก็บและจัดการข้อมูลพร้อมกัน(Baddeley, 1992; Baddeley & Hitch, 1974) ความจำขณะคิดมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้เราเกิดการเรียนรู้และเข้าใจ (Baddeley & Hitch, 1974)

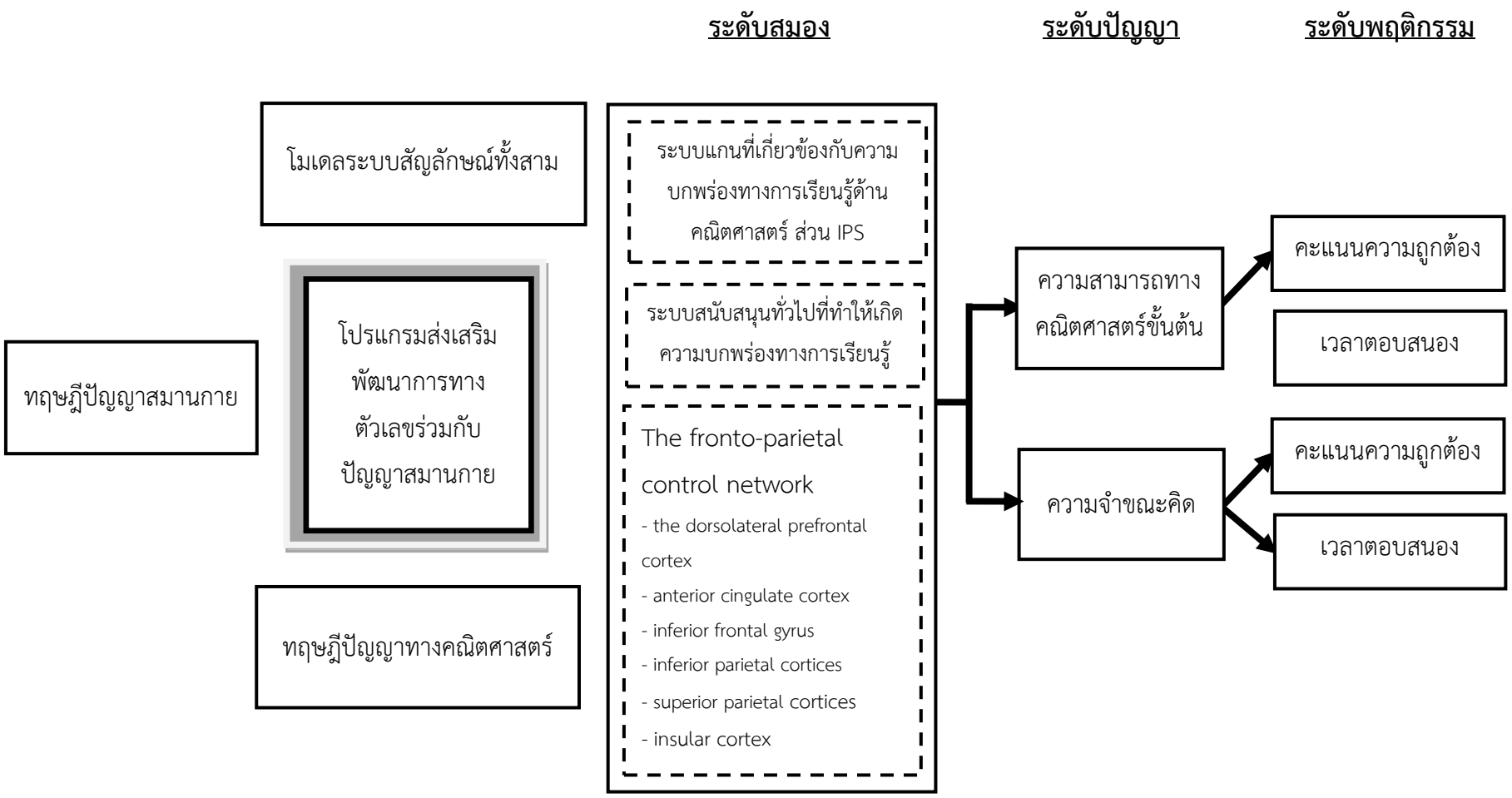
ปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) มีระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมทางปัญญา ความสนใจ และการเคลื่อนไหว เครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้อง คือ The Fronto - Parietal Control Network (FPCN) เป็นระบบเครือข่ายส่วนของสมองกลีบหน้า (Frontal lobe) และระบบเครือข่ายส่วนของสมองกลีบข้าง (Parietal lobe) ซึ่ง FCPN ประกอบด้วย The Dorsolatera Prefrontal Cortex (DLPFC) เป็นเปลือกสมองบริเวณส่วนบนของสมองกลีบหน้า ทำหน้าที่เกี่ยวกับความคิด มีบทบาทสำคัญในการควบคุมความรู้ความเข้าใจ ซึ่งสัมพันธ์กับการจดจำขณะคิด (Working Memory) เช่น การทดเลขในใจ การวางแผน การตัดสินใจต่าง ๆ รวมไปถึงความยืดหยุ่นทางปัญญา Anterior Cingulate Cortex (ACC) เป็นสมองส่วนที่อยู่ลึกลงไปในสมองกลีบหน้าผาก ส่วนนี้สัมพันธ์กับการควบคุมอารมณ์ และแรงผลักดันต่าง ๆ ช่วยในการตัดสินใจ Inferior Frontal Gyrus (IFG) รอยนูนสมองกลีบหน้าด้านล่าง มีหน้าที่เกี่ยวกับการคำนวณโดยแม่นยำ Superior Parietal Lobule (สมองกลีบข้างย่อยด้านบน) ทำหน้าที่สำคัญในการรวบรวมและประมวลข้อมูลความรู้สึกทั้งหลาย และหน้าที่ในการควบคุมวัตถุ ส่วนของสมองกลีบข้างนี้ยังเกี่ยวข้องกับการประมวลภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Processing) สมองกลีบอินซูลา (Insular Lobe) เป็นส่วนของเปลือกสมองที่อยู่ระหว่างสมองกลีบข้างถูกปกคลุมด้วยสมองกลีบขมับ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรู้รสเล็ก ๆ น้อย ๆ แต่หน้าที่หลักยังไม่ชัดเจน (Schott, 2019)

การประยุกต์ใช้ปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) เป็นทฤษฎีที่ทำการฝึกฝนการเคลื่อนไหวร่างกายที่เป็นรูปแบบ เพื่อให้เด็กได้รับการส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะเชิงตัวเลขขั้นพื้นฐาน (เช่น ความเข้าใจขนาด และการเพิ่มประสิทธิภาพ) (Dackermann et al., 2017, pp. 545-557) ตัวเลขมีความเกี่ยวข้องและหยั่งรากลึกในการกระทำของร่างกาย (Moeller et al., 2012, pp. 271-274) การกำหนดการฝึกปัญญาสมานกายจึงเป็นการฝึกที่มีประสบการณ์แนวคิดเชิงตัวเลขพื้นฐานที่เฉพาะเจาะจง (เช่น ขนาดของตัวเลข) ที่สำคัญที่สุดคือ การวางตำแหน่งการเคลื่อนไหวของร่างกายควรตรงกับเนื้อหาที่ได้รับการฝึก โดยลำดับโครงสร้างทางความรู้ทางคณิตศาสตร์พิจารณาสร้างขึ้นจากสมรรถนะเชิงตัวเลขขั้นพื้นฐานและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Butterworth, 2005a, pp. 3-18; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009, p. 850) การออกแบบโปรแกรมปัญญาสมานกายจึงเป็นไปตามการกำหนดเป้าหมายการเคลื่อนที่โดยการฝึกปฏิบัติตามทิศทางการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับจิตใจ เพื่อมุ่งเป้าไปที่การฝึกตัวเลขพื้นฐานสำหรับเด็กผสมผสานสมรรถนะการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย (Dackermann et al., 2017, pp. 545-557) มุมมองที่ผสมผสานจากด้านวิทยาศาสตร์ทางปัญญามีการทบทวนองค์ความรู้ทางบทบาทของกิจกรรมการรับรู้

การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) ในการเรียนรู้ของมนุษย์ การรับรู้และการให้เหตุผล แต่รูปแบบการเคลื่อนไหวจะต้องได้รับการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ที่เป็นวิธีการ การสอนการเคลื่อนไหวทางอ้อมช่วยให้ นักเรียนพัฒนาการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหวใหม่ได้โดยตั้งใจ แก้ปัญหาเฉพาะทางด้านการปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพ โดยจำเป็นต้องอยู่ในพื้นฐานความสนใจของนักเรียน เนื้อหามีความเชื่อมโยงตัวนักเรียนกับโลกปัจจุบัน และมีเป้าหมายความคิดทางคณิตศาสตร์ (Abrahamson & Bakker, 2016, p. 33) การศึกษาทักษะทางด้านความจำขณะคิดี (Working Memory) ในเด็กที่เสี่ยงต่อความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ พบว่าเด็กที่มีทักษะทางด้านความจำขณะคิดดี จะมีประสิทธิภาพทางการคิดคำนวณสูงกว่าเด็กที่มีทักษะทางด้านความจำขณะคิดต่ำ (Swanson, 2006, p. 265) ดังนั้นจึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการความเข้าใจทางภาษา การคิด การอ่าน การเรียน การใช้เหตุผล และการการคิดคำนวณต้องใช้ความจำขณะคิด เพราะช่วยในแก้ปัญหา เพื่อนำมาแปลผลและปฏิบัติการต่อ ใช้ประมวลผลกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะซับซ้อน เชื่อมโยงแนวคิดใหม่เข้ากับแนวคิดเดิม (Montoya et al., 2019, pp. 187-200)

รูปแบบการทดสอบในปัจจุบันได้รับอิทธิพลมาจากวิธีดำเนินการวิจัย การทดลองทางจิตวิทยาที่เน้นความแม่นยำในการตอบสนองและเวลาตอบสนองจึงได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ (Maris & van der Maas, 2012, p. 615) เพราะนอกเหนือจากผลคะแนนความถูกต้อง (Response Accuracy) จากการทดสอบจะมีส่วนสำคัญในการทดสอบแล้ว เวลาตอบสนอง (Response Time) ที่ใช้ในการทดสอบยังเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญที่สามารถบอกถึงข้อมูลทางพัฒนาการตามรายการที่กำหนดของผู้เข้ารับการทดสอบ ข้อมูลของส่วนนี้อาจมีส่วนช่วยในการปรับปรุงกิจกรรมการทดลอง ซึ่งลักษณะสำคัญของกระบวนการมีดังนี้ (1) การใช้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (2) การเปรียบเทียบความเร็วของอาสาสมัครในการทดสอบด้วยเวลาตอบสนอง และ (3) จัดการทดลองโดยกำหนดเงื่อนไขเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับกระบวนการทางจิตวิทยาพื้นฐาน ซึ่งการสังเกตสมมุติฐานแต่ละข้อ ควรมีการผสมผสานระหว่างความเร็วและความแม่นยำที่สังเกตได้ว่าความเร็วมักถูกนำเสนอเป็นตัวแปรอิสระ (Van der Linden, 2007, p. 287)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ โดยการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นตน และความจำขณะคิดสามารถพิจารณาจากคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ และการทดสอบความจำขณะคิด โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายที่พัฒนาขึ้น มีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เหมาะสำหรับพัฒนาสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

2. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบผลของค่าต่าง ๆ โดยพิจารณาจาก

2.1 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

2.2 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

2.3 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

2.4 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์และความจำขณะคิด

2. ได้ผลการศึกษาการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงได้ต่อไป

3. สามารถใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดเรียนรู้และการพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับความสามารถทางปัญญาแบบอื่น ๆ เช่น ความจำ ความสนใจ การแก้ปัญหา จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ ระดับปฐมวัยในสถานศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

การใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เป็นการศึกษาด้านพฤติกรรมมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. ด้านประชากร

1.1 ประชากร

นักเรียนในระดับปฐมวัย อายุระหว่าง 5 -6 ปี กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 ในจังหวัดจันทบุรี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 8,033 คน (สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563)

2. ด้านเนื้อหา ประกอบด้วย

2.1 ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง อาการบกพร่องทางการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งซึ่งมีผลต่อการทำความเข้าใจ การจัดการตัวเลข และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งในประเภทย่อยของโรคทางการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจง เป็นความผิดปกติของระบบประสาทที่ขัดขวางความสามารถในการเรียนรู้ หรือการใช้ทักษะทางวิชาการที่เฉพาะทาง ปรากฏอาการดังนี้ ลำบากในการหาข้อเท็จจริงทางการคำนวณ เช่น มีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลข ความสำคัญ และความสัมพันธ์ที่ไม่เหมาะสมกับวัยของพวกเขา อาจต้องนับนิ้วเพื่อเพิ่มตัวเลขเพียงตัวเดียว และปัญหาเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เช่น มีความยากลำบากในการใช้แนวคิดเรื่องข้อเท็จจริง หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาทาคณิตศาสตร์ (DSM V., 2016)

2.2 การประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) (Geary et al., 2009) และแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (พีร วงศ์อุปราช, 2560)

2.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) เป็นทักษะที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับกลไกที่สัมพันธ์กันหลายอย่าง ซึ่งระบบประสาทที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus: IPS) (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) แบ่งเป็น 2 ระบบย่อย คือ (1) ระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System, PIS) และ (2) ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System, ANS) (พีร วงศ์อุปราช, 2560) ระบบแกนส่วน IPS นั้นสอดคล้องกับรูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) คือ รูปแบบทางประสาทวิทยาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของการประมวลผลตัวเลข ระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน มี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) และด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) (Barnard Health Care, 2017) และ 2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ ซึ่งเป็นระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลเชิงตัวเลขอีกระบบหนึ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) พบว่ามีบทบาทสำคัญในการรับรู้ระดับสูง ความจำขณะคิดเป็นความสามารถในการจัดเก็บและจัดการข้อมูลพร้อมกัน (Baddeley, 1992; Baddeley & Hitch, 1974)

2.4 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย ซึ่ง Piaget and Inhelder (1969) ได้แบ่งทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา ไว้ 4 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensorimotor Stage) 2) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) 3) ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม (Concrete Operational Stage) 4) ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage)

2.5 ทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) รูปแบบหลักของปัญญาสมานกาย อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวที่ส่งผลต่อความเข้าใจทางปัญญา แบ่งได้ 4 รูปแบบ ดังนี้ 1) การประมวลผลความรู้ความเข้าใจจะได้รับอิทธิพลจากร่างกาย 2) การรับรู้ทางปัญญามีตำแหน่งที่อยู่ 3) การรับรู้ทางปัญญาสามารถนำออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ และ 4) ระบบความรู้ความเข้าใจจะขยายไปสู่สิ่งแวดล้อม (Wilson and Golonka, 2013, pp. 1-2)

3. ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ วิธีสอน แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

3.1.1 วิธีสอนโดยใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

3.1.2 วิธีสอนโดยใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ

3.2 ตัวแปรตาม มี 2 ตัวแปร ได้แก่

3.2.1 ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น โดยพิจารณาจาก

3.2.1.1 คะแนนความถูกต้อง (Response Accuracy) ของการทดสอบ (มีหน่วยนับเป็นคะแนน)

3.2.1.2 เวลาตอบสนอง (Response Time) ที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ (มีหน่วยนับเป็นวินาที)

3.2.2 ความจำขณะคิด โดยพิจารณาจาก

3.2.2.1 คะแนนความถูกต้อง (Response Accuracy) ของการทดสอบ (มีหน่วยนับเป็นคะแนน)

3.2.2.2 เวลาตอบสนอง (Response Time) ที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ (มีหน่วยนับเป็นวินาที)

3.3 ตัวแปรร่วม ได้แก่ คะแนนเชาวน์ปัญญา

นิยามศัพท์เฉพาะ

เด็กมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (Learning Disabilities) หมายถึง เด็กที่มีความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการพื้นฐานทางจิตวิทยา ที่เกิดจากปัญหาทางสมอง หรือระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งเป็นอุปสรรคขัดขวางต่อการจัดการกับข้อมูล การเก็บข้อมูลไว้ในความทรงจำ หรือดึงข้อมูลออกมาใช้ ส่งผลให้เกิดความบกพร่องด้านใดด้านหนึ่ง หรือมากกว่า ที่นี้หมายถึง เด็กสมาธิสั้น เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ เด็กออทิสติก และเด็กเรียนรู้ช้า เด็กที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้จะมีระดับสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์ปกติหรืออาจสูงกว่าปกติ

เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Preschool Children at Risk of Dyscalculia) หมายถึง เด็กปฐมวัย เพศชายและหญิง อายุระหว่าง 5 – 6 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาลปีที่ 3 ที่ผ่านการคัดกรองด้วยแบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) ได้คะแนน 0 คะแนน จึงทำการทดสอบด้วยแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความบกพร่องรายด้าน มีผลการประเมินตามแบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับพอใช้ ไม่มีความปกติทางสายตาที่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง และมีระดับเชาวน์ปัญญาอยู่ในระดับ 90-110 ซึ่งเป็นเด็กที่ฉลาดปานกลาง หรือระดับปกติ

โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย (A Numerical Development and Embodied Cognition Program) หมายถึง กิจกรรมที่ช่วยเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะ

ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ อายุระหว่าง 5-6 ปี ซึ่งประกอบด้วย วิธีการ และตารางเวลาที่ใช้ในการฝึก รวมระยะเวลา 20 วัน วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 20 นาที ประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

1. กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity) มีรูปแบบการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ให้นักเรียนฝึกทักษะการสังเกตจากภาพ แล้วประมาณค่าจำนวนที่มองเห็นจากสิ่งของต่าง ๆ ไม่เกิน 10 สิ่ง ปฏิบัติกิจกรรม โดยการกระโดดตามจำนวนที่สุ่มจากลูกเต๋า อ่านออกเสียงตัวเลขฮินดูอารบิก ตั้งแต่ 1 ถึง 30 (จำนวนการโยนลูกเต๋า 5 ครั้ง x แต้มสูงสุดบนลูกเต๋า คือ 6 เท่ากับ 30) ซึ่งสอดคล้องกับระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) ที่เป็นระบบที่สนับสนุนการประมาณค่าขนาดของวัตถุเป็นกลุ่ม และระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System) เป็นการประมาณสัญลักษณ์ของกลุ่มตัวเลขขนาดเล็ก (<4) (Sarnecka, 2015, pp. 4-5) พัฒนาการทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นขึ้นอยู่กับการเรียนรู้เชื่อมโยงระหว่างการแทนค่าที่ไม่ใช่คำพูดของการเปรียบเทียบ (Representations of Magnitude) และวาจาเชิงสัญลักษณ์ที่แทนตัวเลขเป็นคำพูด (Number Words) และการแทนจำนวนด้วยสัญลักษณ์ตัวเลข (Representations of Number) การเรียนรู้ 4 ทักษะที่เชื่อมโยงกัน ความสัมพันธ์นี้มีความเฉพาะเจาะจงกับคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับรูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) เน้นว่าการทำแผนที่ระหว่างการแสดงขนาดเชิงเปรียบเทียบ และรูปแบบสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกัน (ทางวาจาและภาพ) มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ (Malone, 2019, pp. 1-9) และการเคลื่อนไหวตามปัญญาสมานกายเกี่ยวข้องประสาทสัมพันธ์กับการควบคุมปัญญา ความสนใจ และการเคลื่อนไหว การดำเนินการของการเคลื่อนไหวและความรู้ความเข้าใจพร้อมกันนั้นเป็นความต้องการทาง เ ครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการรับรู้ ความสนใจและการเคลื่อนที่การควบคุมปัญญา (Schott 2019, pp. 88-89) ซึ่งกิจกรรมนี้ส่งผลต่อความเข้าใจในกระบวนการทางปัญญาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้าน Numerical Core Deficit Model

2. กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math) มีรูปแบบการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อให้เด็กนักเรียนรู้จัก ตำแหน่ง ร่วมกับการเรียนรู้ความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริงบอกจำนวนโดยการนับ - นับปากเปล่าจาก 1-10, นับถอยหลัง 10-1 และนับปากเปล่าจาก 1-20 และการก้าวเดินโดยฟังสัญญาณจากครู ซึ่งสอดคล้องกับระบบประสาทที่เกี่ยวข้อง 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) และ 2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านความจำขณะคิด (Maria Chiara Passolunghi et al., 2007, pp. 165-184) ทิศทางการเดินในกิจกรรมนี้มาจากอิทธิพลของแนวคิดและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

เพื่อเพิ่มทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็ก วิธีการเดินเล่นทำให้ทักษะทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น โดยความรู้ทางปัญญาสมานกายทำงานประสานกันกับสมอง การฝึกเพิ่มตัวเลขเมื่อเลี้ยวขวาและลบตัวเลขเมื่อเลี้ยวซ้าย (Anelli, et al., 2014, pp.1-5) ซึ่งกิจกรรมนี้ส่งผลต่อความเข้าใจในกระบวนการทางปัญญาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้าน Numerical Domain-Specific Deficit Model

3. กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) มีรูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อเด็กได้เรียนรู้ สามารถบอก/แสดงสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่เหมือนหรือคล้ายกับรูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม กิจกรรมนี้เป็นการจัดกิจกรรมโดยครูสนทนาพูดคุยเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตจากเพลง โดยเด็ก ๆ จะได้ความรู้ความเข้าใจหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับ รูปร่างลักษณะ การจำแนกรูปร่างต่าง ๆ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจำแนกและการเปรียบเทียบ ฝึกการการสังเกต การเปรียบเทียบ รูปร่างลักษณะและการแยกสี จากประโยคในบัตรคำสั่ง สอดคล้องกับระบบประสาทที่เกี่ยวข้อง 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) เป็นที่รู้จักกันในการตอบสนองเป็นตัวกระตุ้นตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) และ 2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านความจำขณะคิด ข้อมูลเกี่ยวกับความจำขณะคิด (Working Memory) มีบทบาทสำคัญในการรับรู้ในระดับสูง รูปแบบความสำคัญของความจำขณะคิด และการนับจำนวน เป็นตัวตั้งต้นโดยตรงในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงปฐมวัย (Maria Chiara Passolunghi et al., 2007, pp. 165-184) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีบทบาทสำคัญต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะบนพื้นฐานของการสร้างภาพรูปทรงเรขาคณิต (Guzel & Sener, 2009, pp. 1763-1766) การศึกษาทฤษฎีการพัฒนาในวัยเด็กเป็นทั้งขับเคลื่อนด้วยการเจริญเติบโตทางโครงสร้างงสมองหรือถูกขับเคลื่อนด้วยทักษะการเรียนรู้ตั้งสมมติฐานที่ว่าการพัฒนาความจำขณะคิด (Working Memory) ในช่วงวัยเด็กนั้นเป็นผลมาจากการฝึกเรียนรู้ที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม กลไกการทำงานของระบบประสาทที่คล้ายคลึงกันนั้นเป็นตัวผลักดันการฝึกฝนเรียนรู้ที่เกิดขึ้น (Klingberg, 2014, p. 573) ดังนั้นจึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการความเข้าใจทางภาษา การคิด การอ่าน การเรียน การใช้เหตุผล และการการคิดคำนวณต้องใช้ความจำขณะคิด เพราะช่วยในแก้ปัญหา เพื่อนำมาแปลผลและปฏิบัติการต่อ ใช้ประมวลผลกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะซับซ้อน เชื่อมโยงแนวคิดใหม่เข้ากับแนวคิดเดิม ซึ่ง Wilson and Golonka (2013, pp. 1-2) ได้กล่าวถึงรูปแบบหลักของปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ว่าธรรมชาติของความเข้าใจทางปัญญา ได้รับอิทธิพลจากร่างกาย ซึ่งกระบวนการทางปัญญาไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยปราศจากร่างกายที่มีชีวิต คือ 1) การประมวลผลความรู้ความเข้าใจจะได้รับอิทธิพลจากร่างกาย 2) กิจกรรมทางปัญญาเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมและเกี่ยวข้องกับการรับรู้และการกระทำ ซึ่งกิจกรรมนี้

ส่งผลต่อความเข้าใจในกระบวนการทางปัญญาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้าน Domain-General Deficit Model

4. กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?) มีรูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ด้านการจำแนกประเภท เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับตนเองและสิ่งแวดล้อม มาใช้ในการตอบคำถาม เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้เหตุผลในการจำแนกประเภทสัตว์น้ำและสัตว์บก ซึ่งทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างกิจกรรมนี้สอดคล้องกับทฤษฎีในกิจกรรรมคณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) ซึ่งกิจกรรมนี้ส่งผลต่อความเข้าใจในกระบวนการทางปัญญาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้าน Domain-General Deficit Model

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (Early Mathematics Abilities) หมายถึง สมรรถนะของแต่ละบุคคลที่จะเข้าใจ และสามารถคำนวณตัวเลขได้อย่างคล่องแคล่ว โดยอาศัยความรู้พื้นฐานเบื้องต้น สามารถคิดเป็นเหตุเป็นผล สามารถนำความรู้ความเข้าใจ ทักษะหรือกระบวนการต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย การจำแนกประเภท การจัดหมวดหมู่ การเรียงลำดับ การเปรียบเทียบ รูปทรง พื้นที่ การนับ การรู้จักตัวเลข การเพิ่มและการลดจำนวน การรู้จักความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกับตัวเลข โดยความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นในงานวิจัยนี้ ได้จากผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA 3) ได้คะแนนดิบ (Raw Score) มีหน่วยนับเป็นคะแนน แล้วนำมาเทียบกับอายุ (วัน/เดือน/ปี) ได้อันดับเปอร์เซ็นไทล์ (Percentile Rank) และความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Math Ability Score) และเวลาที่ใช้มีหน่วยนับเป็นวินาที

ความจำขณะคิด (Working Memory) หมายถึง ทักษะความจำที่เก็บข้อมูลที่ได้เห็นหรือได้ยินในระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อนำมาแปลผลและปฏิบัติการต่อ และจดจำในใจว่าจะต้องทำอะไรต่อไป ใช้ประมวลผลกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะซับซ้อน เช่น ความเข้าใจทางภาษา การคิด (Thinking) การอ่าน (Reading) การเรียน (Learning) หรือการใช้เหตุผล โดยจัดเป็นความจำระยะสั้นประเภทหนึ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกความจำขณะคิดมาใช้เป็นตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากบทบาทของความจำขณะคิดในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ช่วยสนับสนุนกิจกรรมด้านความรู้ความเข้าใจในชีวิตประจำวัน เราใช้ระบบหน่วยความจำนี้ในขณะที่เราทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เราต้องการทักษะความจำขณะคิด เมื่อต้องจำข้อมูลบางอย่างและกู้คืนข้อมูลอื่น ๆ เพื่อประมวลผลและทำความเข้าใจ ซึ่งในสภาพแวดล้อมของโรงเรียน ขณะอ่าน เขียน หรือคิดคำนวณ (Gathercole and Alloway, 2008) ความจำขณะคิด จึงมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของเด็ก หากไม่มีความจำขณะคิด จะไม่สามารถทำกิจกรรมที่ต้องคิดในใจได้ ซึ่งจำเป็นต่อการรักษาข้อมูลในหน่วยความจำ การประมวลผลข้อมูลอื่น ๆ ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรูปแบบการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ซึ่งต้องใช้ระบบความจำขณะคิด สำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ จะประสบปัญหาเรื่องระบบความจำขณะคิดที่มี

ข้อจำกัด เมื่อกิจกรรมทางคณิตศาสตร์มีการประมวลผลหรือเก็บรักษาข้อมูลในหน่วยความจำมากเกินไป ข้อมูลจะสูญหาย และส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ลดลง ซึ่งแสดงถึงความบกพร่องที่เป็นปัญหาอย่างชัดเจนในรูปแบบกิจกรรมที่ต้องใช้การความจำขณะคิด (Szucs et al, 2013) โดยความจำขณะคิดในงานวิจัยนี้ ได้ผลการทดสอบจาก ชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1 โดยใช้แบบทดสอบย่อยทดสอบด้านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Backward Digit Span Task) และแบบทดสอบย่อยทดสอบด้านมิติสัมพันธ์แบบย้อนกลับ (Backward Corsi Block Task) มีหน่วยนับเป็นคะแนน และเวลาที่ใช้มีหน่วยนับเป็นวินาที

ปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) หมายถึง การมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกระบวนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสมองของบุคคลในการคิด และเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งมักได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในตัวบุคคล ยกตัวอย่างเช่น การแสดงท่าทางที่เรามักใช้ประกอบการพูดหรือการคิดของเรา โดยปกติเรามักเชื่อว่าเราใช้มือแสดงท่าทางประกอบการพูดเพื่อเป็นเครื่องมือในการสื่อสารกับคนที่อยู่ตรงหน้าการคิดเป็นกิจกรรมที่ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากร่างกาย ประสบการณ์ทางปัญญาทั้งหมดมีเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัส (Sensory) และกระแสประสาทเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Motor Contexts)

โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) หมายถึง รูปแบบทางประสาทวิทยาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของการประมวลผลตัวเลข ระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน มี 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) แสดงข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่เราคิดว่าเป็นความหมายหรือความรู้สึกของตัวเลขซึ่งแสดงถึงปริมาณหรือขนาด

2. ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) มีหน้าที่รับผิดชอบในการรับรู้และการประมวลผลของคำพูดหรือเขียนตัวเลข และ ดำเนินการผ่านการแสดงคำที่เกี่ยวกับจำนวน ระบบนี้ยังเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนรู้ เช่น ข้อเท็จจริงที่ถูกจดจำจากการบวกและตารางการคูณ

3. ด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) มีหน้าที่ในการรับรู้ของตัวเลขและประมวลผลข้อมูลตัวเลข

ปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) หมายถึง การทำงานของกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับ 3 ทฤษฎีหลัก ดังนี้

1. โมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical Core Deficit Model) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่ 1) ระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System, PIS) ใช้

ประมาณกลุ่มจำนวนที่มีปริมาณน้อย ๆ ในเด็กทารกจำนวนไม่เกิน 3 ชิ้น และในผู้ใหญ่ ไม่เกิน 4 ชิ้น และ 2) ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System: ANS) มีความแม่นยำไม่เหมือนระบบ PIS โดยระบบนี้จะถูกใช้สำหรับประมาณขนาดของกลุ่มจำนวนขนาดใหญ่มากกว่า 4 ชิ้น โดยใช้เพื่อเปรียบเทียบว่ากลุ่มใดมีขนาดมากกว่ากันโดยไม่ต้อง โดยที่ระบบ สัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วน Intraparietal Sulcus (IPS)

2. โมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-Specific Deficit Model) เป็นกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ด้านที่สัมพันธ์กัน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความเข้าใจตัวเลข (Number Sense) ซึ่งจะประมวลผล (1) ด้านการแทนตัวเลขเป็นคำพูด (Verbal Number Representation) (2) ด้านการแทนตัวเลขเป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Number Representation) และ (3) ด้านการแทนความมากน้อยเชิงเทียบ (Analogous Magnitude Representation) ระบบทางปัญญาทั้ง 3 ด้าน เป็นระบบที่อิสระจากกัน แต่มีความเชื่อมโยงกันในการประมวลผลและคำนวณเลข

3. โมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain-General Deficit Model) ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ไม่ได้มีสาเหตุมาจากประเด็นรากฐานที่สัมพันธ์กับความเข้าใจตัวเลขจำนวนแต่อย่างใด แต่เกิดจากระบบสนับสนุนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางปัญญาโดยรวมที่ใช้จัดกระทำตัวเลขต่าง ๆ ที่กลับเป็นปัญหา ตัวอย่างเช่น ความจำระยะยาว ความเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำอาศัยความหมาย ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจการประมวลผลด้านรับสัมผัส และความจำขณะคิด

เด็กปฐมวัย (Preschool Children) หมายถึง เด็กตั้งแต่อายุ 5 ปี 2 เดือน 14 วัน ถึง 6 ปี 5 เดือน 1 วัน ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นเด็กที่เรียนในชั้นอนุบาล 3 ในโรงเรียนอนุบาลของรัฐบาลและเอกชน อายุระหว่าง 5 – 6 ปี อำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ผลการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

1.1 ความหมายของพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

1.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

1.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย

ตอนที่ 2 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.2 สาเหตุของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

3.2 แนวคิดการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

3.3 ประเภทของแบบประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ตอนที่ 4 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition)

4.1 ความหมายของปัญญาสมานกาย

4.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย

ตอนที่ 1 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

1.1 ความหมายของพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

พูนสิริ มูลอินต๊ะ (2552, หน้า 20-21) พัฒนาการ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะของบุคคลทั้งโครงสร้างของร่างกายและพฤติกรรมที่แสดงออกมา ซึ่งจะดำเนินไปอย่างเป็นขั้นตอน และสอดคล้องกันทั้งสี่ด้าน ได้แก่พัฒนาการทางด้านร่างกาย ด้านอารมณ์และจิตใจ ด้านสังคม และด้านสติปัญญา ซึ่งพัฒนาการด้านสติปัญญานั้น เป็นความสามารถของบุคคลในการวางแผน คิดหาเหตุผลหรือแก้ปัญหาเพื่อการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างประสิทธิภาพ พัฒนาการด้านสติปัญญาเป็นการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางสมองที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตนเองกับสิ่งแวดล้อม ทำให้สามารถเพิ่มทักษะ ความสามารถในการจำ การรู้การสังเกต จำแนกเปรียบเทียบให้เหตุผล และแก้ปัญหามากขึ้น

Silverthorn (1999) พัฒนาการทางการเรียนรู้ คือ การสร้างโครงสร้างความคิดเชิงตรรกะที่พัฒนาขึ้น นำไปสู่วิธีคิดเชิงตรรกะที่มีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจนถึงวัยผู้ใหญ่ ดังนั้นความคิดเชิงตรรกะในรูปแบบการคิดของเด็กช่วงแรกจึงแตกต่างไปจากคนทั่วไป Piaget กล่าวถึงมุมมองของเขาในฐานะ "Constructivism" (ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism เป็นทฤษฎีการสอนให้เด็กเรียนรู้เอง คิดเอง เด็กและครูจะเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยที่ต่างฝ่ายต่างเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีการแลกเปลี่ยนกันระหว่างผู้เรียนและผู้ทำหน้าที่สอน) ซึ่งเชื่อว่า การเรียนรู้คือกระบวนการของการสร้างความรู้ด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เด็กกำลังสร้างความรู้นี้ Piaget สันนิษฐานว่ามี ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมและยังระบุถึงมุมมองของเขาเกี่ยวกับ " การกระทำหรือการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน" (Interactionism)

การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของบุคคลทั้งโครงสร้างของร่างกาย และพฤติกรรมที่แสดงออกมาซึ่งเป็นผลมาจากการจัดประสบการณ์ และเมื่อได้รับการฝึกหัดหรืออบรมจนเกิดความชำนาญแล้วจะส่งผลให้เกิดเป็นพฤติกรรมที่ค่อนข้างถาวรขึ้น ทั้งนี้พฤติกรรมเหล่านั้นต้องไม่เกิดจากสัญชาตญาณ วุฒิภาวะ โรคภัยไข้เจ็บ หรือเป็นผลจากการใช้ยา

1.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2551, หน้า 2-3) เด็กปฐมวัยเป็นวัยแห่งการเรียนรู้ มีความอยากรู้อยากเห็น ช่างสังเกต ชอบสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ซึ่งคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการคิด ทำให้รู้จักคิด มีเหตุมีผล เป็นระบบ มีแบบแผน และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาด้านการวิเคราะห์ปัญหา สถานการณ์ การวางแผนแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงสามารถเสริมสร้างให้เด็กเข้าใจธรรมชาติสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เมื่อเด็กมีความรู้ ความเข้าใจทักษะและกระบวนการ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ไม่

เพียงแต่ส่งผลให้เด็กประสบความสำเร็จในการเรียนรู้เท่านั้น ยังส่งผลต่อการเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งการเรียนรู้คณิศาสตร์ในระดับปฐมวัยมีสาระหลักสำคัญ ดังนี้ ด้านจำนวนและการดำเนินการเกี่ยวข้องกับการรวมกลุ่มและการแยกกลุ่ม ด้านเรขาคณิต เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง ทิศทาง รูปสองมิติ สามมิติ และระยะทาง ด้านการวัด เกี่ยวข้องกับเรื่องน้ำหนักความยาวปริมาตรเวลาและเงิน ด้านพีชคณิต เกี่ยวข้องกับ แบบรูปและความสัมพันธ์ ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เป็นการรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเรื่องเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการสื่อสารการให้เหตุผลการสื่อความหมายและการเชื่อมโยงความรู้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ปฐมวัย

มาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับเด็ก รวมทั้งเป็นแนวทางในการกำกับ ตรวจสอบ และประเมินผล มาตรฐานการเรียนรู้จัดให้อยู่ภายใต้สาระหลัก ดังนี้

สาระที่ 1: จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค.ป. 1.1: เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

สาระที่ 2: การวัด

มาตรฐาน ค.ป. 2.1: เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด ความยาว น้ำหนัก ปริมาตร เงินและเวลา

สาระที่ 3: เรขาคณิต

มาตรฐาน ค.ป. 3.1: รู้จักใช้คำในการบอกตำแหน่ง ทิศทาง และระยะทาง

มาตรฐาน ค.ป. 3.2: รู้จัก จำแนกรูปเรขาคณิต และเข้าใจการเปลี่ยนแปลงรูปเรขาคณิตที่เกิดจากการจัดกระทำ

สาระที่ 4: พีชคณิต

มาตรฐาน ค.ป. 4.1: เข้าใจแบบรูปและความสัมพันธ์

สาระที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค.ป. 5.1: รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับตนเองและสิ่งแวดล้อม และนำเสนอ

สาระที่ 6: ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

คุณภาพทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ในแต่ละช่วงอายุ มีความแตกต่างกัน ดังนี้

1. คุณภาพทางคณิตศาสตร์ของเด็กอายุ 3 ปี ควรมีความสามารถดังนี้

1) มีความรู้ ความเข้าใจและมีพัฒนาการด้านความรู้สึกเชิงจำนวน เกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินห้า และเข้าใจเกี่ยวกับการรวมกลุ่ม และการแยกกลุ่ม

2) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว น้ำหนัก ปริมาตร และเวลา สามารถเปรียบเทียบ และใช้คำเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความยาว น้ำหนัก และปริมาตร และเวลา สามารถเปรียบเทียบ และใช้คำเกี่ยวกับการเปรียบเทียบความยาว น้ำหนัก และปริมาตร สามารถบอกกิจกรรมหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน

3) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่ง สามารถใช้คำบอกตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ รู้จักทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากจากสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และใช้ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากสร้างสรรค์งานศิลปะ

2. คุณภาพทางคณิตศาสตร์ของเด็กอายุ 4 ปี ควรมีความสามารถ ดังนี้

1) มีความรู้ ความเข้าใจและมีพัฒนาการด้านความรู้สึกเชิงจำนวน เกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินสิบ และเข้าใจเกี่ยวกับการรวมกลุ่ม และการแยกกลุ่ม

2) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว น้ำหนัก ปริมาตร และเวลา สามารถเรียงลำดับความยาวน้ำหนัก ปริมาตร และเวลา สามารถบอกกิจกรรมหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเช้า เที่ยง เย็น และเรียงลำดับกิจกรรม หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันตามช่วงเวลา

3) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่ง สามารถใช้คำบอกตำแหน่งและแสดงของสิ่งต่าง ๆ สามารถจำแนกทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และใช้ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก กรวย ทรงกระบอกสร้างสรรค์งานศิลปะ

4) มีความรู้ ความเข้าใจ แบบรูปของรูปที่มีรูปร่าง ขนาด สี ที่สัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถทำตามแบบรูปที่กำหนด

3. คุณภาพทางคณิตศาสตร์ของเด็กอายุ 5 ปี ควรมีความสามารถ ดังนี้

1) มีความรู้ ความเข้าใจและมีพัฒนาการด้านความรู้สึกเชิงจำนวน เกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินยี่สิบ และเข้าใจเกี่ยวกับการรวมกลุ่ม และการแยกกลุ่ม

2) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว น้ำหนัก ปริมาตร เวลา และเงิน สามารถวัดและบอกความยาวน้ำหนัก และปริมาตร โดยใช้เครื่องมือและหน่วยที่ไม่ใช่หน่วยมาตรฐาน สามารถเรียงลำดับเรียงลำดับชื่อวันในหนึ่งสัปดาห์และบอกกิจกรรมหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อวานนี้ วันนี้ พรุ่งนี้ เข้าใจเกี่ยวกับเงิน สามารถบอกชนิดและค่าของเงินเหรียญและธนบัตร

3) มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่ง ทิศทางและระยะทาง สามารถใช้คำบอกตำแหน่ง ทิศทาง และระยะทาง และแสดงตำแหน่ง ทิศทาง และระยะทางของสิ่งต่าง ๆ สามารถจำแนกทรงกลมทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก กรวย ทรงกระบอก และจำแนกรูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงรูปเรขาคณิตสองมิติที่เกิดจากการตัด ต่อเติม พับ หรือคลี่ และสร้างสรรค์งานศิลปะจากรูปเรขาคณิตสามมิติและสองมิติ

4) มีความรู้ ความเข้าใจ แบบรูปของรูปที่มีรูปร่าง ขนาด สี ที่สัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งสามารถต่อแบบรูปที่กำหนดและสร้างเพิ่มเติม

5) มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิอย่างง่าย

กมลรัตน์ กมลสุทธ (2555, หน้า 47) คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน ดังนั้นเด็กปฐมวัยจึงควรได้รับการส่งเสริมและเรียนรู้ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์จากประสบการณ์ชีวิตประวันที่เริ่มจากสิ่งง่ายไปหายาก จากรูปธรรมเชื่อมโยงไปสู่นามธรรม เพื่อเด็กปฐมวัยจะได้สามารถเรียนรู้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในการคิดคำนวณ จำนวน และสัญลักษณ์ตัวเลขต่าง ๆ เมื่อเติบโตขึ้น

กรองทอง จุลิรัชนีกร (2556) เด็กปฐมวัยเป็นช่วงชีวิตที่มีความละเอียดอ่อนที่สุด เป็นช่วงวัยนาทีทองเกี่ยวกับพัฒนาการของเด็กโดยเฉพาะ ตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 6 ขวบ ซึ่งมีพัฒนาการที่เป็นไปอย่างรวดเร็วในทุกด้าน ผู้ปกครอง หรือผู้ให้การเลี้ยงดูอบรมเด็กในวัยนี้ควรพิถีพิถัน เอาใจใส่ เพื่อให้เด็กได้รับการเลี้ยงดูอบรม อย่างถูกต้องเหมาะสมกับวัย รวมทั้งการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เอื้อให้เด็กได้พัฒนาตามศักยภาพของตนเอง เพื่อให้เด็กวัยนี้มีพัฒนาการที่เหมาะสมตามวัย และเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพในสังคมต่อไป

ณัฏฐา วรรธนะวิโรจน์ (2559) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับเด็กปฐมวัยเป็นการจัดการอบรมเพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่สนองต่อพัฒนาการและธรรมชาติของเด็ก ให้มีพัฒนาการทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม และสติปัญญาที่เหมาะสมกับวัย และความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นการสร้างรากฐานชีวิตให้เด็กพัฒนาไปสู่ความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีคุณค่าต่อตนเองและสังคม ต้องจัดในรูปของกิจกรรมบูรณาการผ่านการเล่น ดังหลักการสำคัญในการจัดประสบการณ์สำหรับเด็กปฐมวัย ได้แก่ 1) จัดประสบการณ์การเล่นและการเรียนรู้เพื่อพัฒนาเด็กองค์รวม 2) เน้นเด็กเป็นสำคัญ สนองความสนใจ ความต้องการ ความแตกต่างระหว่างบุคคลตามบริบทของสังคมที่เด็กอาศัยอยู่ 3) ให้ความสำคัญทั้งกับกระบวนการและผลที่ได้รับ 4) มีกระบวนการประเมินพัฒนาการอย่างต่อเนื่องและเป็นส่วนหนึ่งของการจัดประสบการณ์ และ 5) ส่งเสริมให้ผู้ปกครองและชุมชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาเด็ก

Chomnapas Wangein (2560) การเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของเด็ก ทั้งการเคลื่อนไหวพื้นฐานด้วยการเดิน วิ่ง กระโดด หรือ แบบโลดโผน เช่น ปีนป่าย ห้อยโหน หกคะเมน ตีลังกา ล้วนมีส่วนสำคัญในการช่วยให้กล้ามเนื้อต่าง ๆ ทำงานประสานกัน การเคลื่อนไหวพื้นฐานจะช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และคะแนนเชาวน์ปัญญา (IQ) เนื่องจากทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ของสมอง ในขณะเดียวกันยังทำให้เด็กกล้าแสดงออกสร้างเสริมบุคลิกภาพที่ดีให้แก่เด็ก การเคลื่อนไหวจึงส่งผลต่อพัฒนาการทางอารมณ์และสังคม หรือความฉลาดในการจัดการกับอารมณ์ (EQ) อีกด้วย หากเปิดโอกาสให้เด็กได้เคลื่อนไหวอย่างอิสระก็จะสามารถ

พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงขึ้นได้ นอกจากนี้การเคลื่อนไหวตามจังหวะเพลงและดนตรียังแสดงถึงจินตนาการของเด็กแต่ละคน อาจใช้เสียงดนตรี การตบมือ การเคาะไม้ หรืออุปกรณ์อื่นเข้ามากำหนดจังหวะ เพื่อให้เด็กเคลื่อนไหวตามจังหวะ เกิดความคล่องแคล่ว กระฉับกระเฉง กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ ลดความกังวล และมีสมาธิดีขึ้นซึ่งสามารถชี้ให้เห็นว่า สมองของเด็กพัฒนาไปเพียงใดและมีความผิดปกติของสมองเกิดขึ้นหรือไม่ตัวอย่างรูปแบบของการเคลื่อนไหว ได้แก่

1) การเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ แบ่งเป็นการเคลื่อนไหวอยู่กับที่ เช่น ผงกศีรษะ ขยิบตา ตบมือ ชันเข่า นิ้ว เท้า ปลายเท้า เคลื่อนไหวมือและการเคลื่อนไหวเคลื่อนที่ เช่น กระโดด ควบม้า คลาน วิ่ง

2) การเคลื่อนไหวเลียนแบบ เช่น การเลียนแบบท่าทางสัตว์ ท่าทางคน

3) การเคลื่อนไหวหรือทำท่าทางกายภาพบริหารประกอบเพลง

4) การเคลื่อนไหวเชิงสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้เด็กคิดท่าทางด้วยตนเอง อาจจะใช้แถบผ้าริบบิ้น หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เข้ามาประกอบการเคลื่อนไหว

5) การแสดงท่าทางตามคำบรรยาย โดยให้เด็กคิด จินตนาการและแสดงท่าทางต่าง ๆ ออกมาเมื่อได้ฟังคำบรรยายหรือเรื่องราว

Vygotsky (1980) กล่าวว่า การเรียนรู้ของเด็กเริ่มต้นขึ้น ตั้งแต่ก่อนเข้าเรียน การบวกการลบ และการกำหนดขนาด มีอยู่ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นเด็ก ๆ ต้องใช้ทักษะการคิดคำนวณก่อนเข้าวัยเรียน ซึ่งนักจิตวิทยาที่ปราศจากวิสัยทัศน์เท่านั้นที่สามารถมองข้ามเรื่องนี้ได้

Silverthorn (1999, p. 3) เพียเจต์ไม่ได้เป็นผู้ออกแบบกลยุทธ์การเรียนการสอน แต่นักการศึกษาได้ตีความทฤษฎีของเพียเจต์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหลักการสอนแบบกว้าง ๆ แม้นักการศึกษานำวิธีการมาใช้เฉพาะด้าน แต่ก็ขึ้นอยู่กับการตีความของตนเกี่ยวกับแนวความคิดด้านพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กด้วย มีหลักการพื้นฐานสามประการที่นักทฤษฎีส่วนใหญ่เห็นด้วยกับทฤษฎีเพียเจต์ที่กล่าวว่า ควรจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่สนับสนุนการปฏิบัติกิจกรรมของเด็ก (เช่น สภาพแวดล้อมเหมาะสม และส่งเสริมการเรียนรู้) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับคนรอบข้างเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ (เช่น การสอนแบบเพื่อนช่วยเพื่อน และการมีปฏิสัมพันธ์พูดคุยกันในสังคม) ควรใช้กลยุทธ์การเรียนการสอนที่ทำให้เด็ก ๆ เข้าใจและเรียนรู้ในเรื่องเกี่ยวกับความแตกต่างของสิ่งของที่มองเห็นและความไม่สอดคล้องกันในการคิดของตนเอง (เช่น การสอนเกี่ยวกับการตรงข้าม ความแตกต่างและให้เหตุผลเรื่องนั้นได้) กลยุทธ์การเรียนการสอนเฉพาะ ได้แก่ การสร้างสถานการณ์จำลอง

Kron-Sperl, Schneider, and Hasselhorn (2008, p. 99) ขนาดของหน่วยความจำส่งผลโดยตรงต่อการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาในโรงเรียนอนุบาล หน่วยความจำที่เพิ่มขึ้นทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับความรู้เดิมซึ่งจะสามารถเรียกมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ขณะเรียนรู้เรื่องราว

ใหม่ได้ กระบวนการทางจิต (Mental Processing) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการกระตุ้นโดยการฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเด็กได้รับการฝึกซ้อมซ้ำ ๆ และ มีการทดสอบที่ท้าทายความสามารถ (Challenging Task) ซึ่งการปฏิบัติกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ซ้ำ ๆ เป็นวิธีหนึ่งในการช่วยเด็กอนุบาลเป็นการกระตุ้นให้เด็กได้ฝึกใช้ประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาขณะเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติซ้ำเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ควรใช้ร่วมกันในโรงเรียนอนุบาลเพื่อพัฒนาความชำนาญในวิชาคณิตศาสตร์และภาษา

Ray and Smith (2010, p. 8) พัฒนาการทางปัญญาในชั้นอนุบาล ประกอบด้วยทักษะความจำของเด็กวิธีการ รูปแบบต่าง ๆ ในการเรียนรู้ และโครงสร้างทางวิชาการของโรงเรียนอนุบาลเฉพาะทางคณิตศาสตร์ภาษาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ การวิจัยชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการปฏิบัติซ้ำช่วยให้นักเรียนอนุบาลเข้าใจวิธีการ และแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการจัดการศึกษาที่เหมาะสมในโรงเรียนอนุบาลเป็นการทำนายความสำเร็จทางการเรียนในโรงเรียนได้ภายหลัง

Carson et al. (2015, p. 116) การพัฒนาการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาเด็กปฐมวัย การพัฒนาความรู้ความเข้าใจที่เหมาะสมในวัยเด็กเป็นลักษณะการเกิดและการเจริญเติบโตของความสามารถและทักษะด้านความรู้ความเข้าใจภายในหลายขอบเขตความรู้ รวมถึงภาษา และการทำงานของสมองด้านการจัดการ (Executive Function: EF) (เช่น ความสามารถในการควบคุม ความสนใจ และการกระทำ)

การจัดประสบการณ์ทางการเรียนรู้ระดับปฐมวัย ส่งผลต่อการการเรียนในระยะยาวของเด็ก โรงเรียนอนุบาลเป็นสถานที่ที่เด็ก ๆ เรียนรู้และพัฒนาทักษะด้านความจำ ทักษะทางคณิตศาสตร์และทักษะทางภาษา และความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ระดับปฐมวัยที่สอดคล้องกับพัฒนาการทางปัญญาเป็นการตอบสนองความสามารถทางปัญญาของเด็กที่เหมาะสม

Hart, Maharaj, and Graziano (2019, pp. 112-133) ได้ศึกษาระยะการฝึกทักษะว่ามีความสำคัญสำหรับการพัฒนาเด็กก่อนวัยเรียนหรือไม่ ซึ่งได้เปรียบเทียบจากโปรแกรมภาคฤดูร้อน โดยเป้าหมายของการศึกษาครั้งนี้คือ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้โปรแกรมการช่วยเหลือสำหรับเด็กอนุบาลในการเรียนภาคฤดูร้อนของโรงเรียน (เช่น ระยะเวลา 4 หรือ 8 สัปดาห์) ความแตกต่างของผลลัพธ์ระดับอนุบาล ในช่วงเปลี่ยนผ่านเข้าโรงเรียนอนุบาล และเปรียบเทียบโปรแกรมการช่วยเหลือภาคฤดูร้อนสำหรับรูปแบบโรงเรียนอนุบาลกับแนวทางมาตรฐานเพิ่มเติม เพื่อเป็นค่ามาตรฐานของโรงเรียน (เช่น การให้คำปรึกษาด้านพฤติกรรม) โดยศึกษาจากเด็กก่อนวัยเรียน จำนวน 45 คน (เป็นเด็กชาย 82%) ถูกสุ่มให้เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้ารับการแทรกแซงหนึ่งในสามเงื่อนไข ดังนี้ 1) โปรแกรมการช่วยเหลือสำหรับเด็กอนุบาลในการเรียนภาคฤดูร้อน 8 สัปดาห์ 2) โปรแกรมการช่วยเหลือสำหรับเด็กอนุบาลในการเรียนภาคฤดูร้อน 4 สัปดาห์ หรือ 3) การให้คำปรึกษาด้าน

พฤติกรรม ทั้งการใช้โปรแกรมการรักษาภาคฤดูร้อนสำหรับกลุ่มโรงเรียนอนุบาล 8 สัปดาห์ รวมถึงองค์ประกอบการให้ความรู้ความเข้าใจผ่านฝึกอบรมผู้ปกครอง ข้อมูลหลังการแทรกแซง และติดตามผล 6 เดือน ได้รวบรวมผลจากความพร้อมของโรงเรียน และผลลัพธ์ความสำเร็จของเด็กอนุบาล จากผู้ปกครอง ครูและการประเมินผลตามวัตถุประสงค์ การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นตรงระบุว่าพฤติกรรมของเด็ก ด้านวิชาการ อารมณ์และการควบคุมตนเอง ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทุกกลุ่ม และพบความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ระหว่างเด็กที่ได้รับโปรแกรม 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาของการใช้โปรแกรมทั้งสองรูปแบบ มีศักยภาพในการเตรียมเด็กก่อนวัยเรียนและทั้งกลุ่มเด็กที่ได้รับโปรแกรม 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ มีพัฒนาการเริ่มต้นมากขึ้นในช่วงเวลาได้รับโปรแกรมเมื่อเทียบกับเด็กในกลุ่มที่ให้คำปรึกษาด้านพฤติกรรมเพียงอย่างเดียว

1.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552) พัฒนาการทางด้านการคิดและสติปัญญา (Cognitive Development**)**

1) ความจำ (Memory) เด็กสามารถแสดงการจำเบื้องต้น เช่น ร้องเพลงจนจบ ท่องคำสอดคล้องหรือกลอนสั้น ๆ บอกชื่อวันในหนึ่งสัปดาห์ ฟังนิทานและเล่าได้ บอกได้ว่าเมื่อวานทำอะไร

2) การสร้างหรือพัฒนาความคิด (Concept Formation) เด็กสามารถแสดงความคิดพื้นฐานในเรื่องเกี่ยวกับเวลา ช่องว่าง ตำแหน่ง คุณลักษณะ รวมทั้งจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ เช่น ถามว่าอะไรที่ไหน ใช้คำบอกช่วงเวลาได้ถูกต้อง บอกตำแหน่งซ้ายขวาที่สิ่งของวางอยู่ได้ เรียกชื่อประเภทของคน สัตว์ สิ่งของ หรือพืช

3) ตรรกวิทยาและความมีเหตุผล (Logic and Reasoning) เด็กแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุและผล เช่น บอกเหตุผลเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน การเข้าห้องน้ำ แปรงฟัน บอกความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างสิ่งต่าง ๆ เช่น ถ้าฝนตกเราเปียก วันหยุดไม่ต้องไปโรงเรียน ถามว่าทำไมและอย่างไร ใช้คำว่าเพราะอธิบายเหตุผล บอกเหตุผลเกี่ยวกับการปฏิบัติตนด้านความปลอดภัย (เหตุผลว่าทำไมถึงไม่เล่นไม้ขีดไฟ) บอกเหตุผลเกี่ยวกับการปฏิบัติตนในด้านสิ่งแวดล้อม (เหตุผลที่ไม่ทิ้งขยะ เหตุผลที่ต้องรักษาของสาธารณะ) บอกส่วนประกอบที่สำคัญที่หายไปในรูป เปรียบเทียบความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการกระทำต่างกันกับของเดียวกัน(ข้าวสารกลายเป็นข้าวสวย ไข่ กลายเป็นไข่ต้ม ไข่เจียว ไข่ตุ๋น) เรียงลำดับภาพหรือเหตุการณ์ บอกได้ว่าเรื่องที่ฟังหรือเรื่องที่เห็นจะจบอย่างไร โดยให้เหตุผลประกอบ และอธิบายได้ บอกได้ว่าในรูปมีอะไรผิดปกติ หรืออยู่ผิดที่

4) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) เป็นกระบวนการคิดด้วยการใช้เหตุผลพิจารณาอย่างรอบคอบ โดยการศึกษาหลักฐาน ข้อมูล และแยกแยะข้อมูลว่าข้อมูลใดเป็นความคิดเห็นข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริง จากนั้นจึงพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล แล้วหาสาเหตุของปัญหาโดยตั้งสมมติฐาน เพื่อสามารถหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้น ๆ ได้ ซึ่งกระบวนการคิดอย่างมี

วิจารณญาณนี้ จะนำไปสู่ความรอบคอบในการคิดตัดสินใจ เพื่อให้เห็นว่าเพราะเหตุใดเราจึงควรเชื่อเรื่องนั้นหรือไม่ควรเชื่อเรื่องนั้น สิ่งใดควรทำหรือไม่ควรทำ กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีแนวคิดหลายทฤษฎี และขั้นตอนหลายรูปแบบ ซึ่งนำแนวคิดทฤษฎีหลายทฤษฎีมาสรุปได้ ดังนี้ ส่วนที่ 1 เด็กสามารถเปรียบเทียบแยกแยะความเหมือนความต่าง และประเมินสถานภาพ เช่น จัดกลุ่มสิ่งของตามประเภทโดยใช้เกณฑ์เดียวในการจัด (จัดตามสี ตามรูปร่าง ตามขนาด) จับคู่ภาพที่สัมพันธ์กัน (ของที่เหมือนกันของที่ใช้คู่กัน ของประเภทเดียวกัน) จัดกลุ่มสิ่งของตามประเภทลักษณะ 2 เกณฑ์ (จำแนกตามสี และรูปร่าง) บอกคำที่มีความหมายตรงข้ามเกี่ยวกับสิ่งหรือสภาพที่เด็กพบเห็น (ช้างตัวใหญ่ หนูตัว..... พระอาทิตย์ขึ้นตอนกลางวัน ส่วนพระจันทร์ขึ้นตอน.....) บอกได้ว่าสิ่งที่เห็นสองอย่างเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร บอกความคิดของตนเกี่ยวกับสภาพหรือลักษณะที่พบ (ร้อน หนาว สนุก) รู้จักใช้คำข้อมูลที่เรียนรู้ใหม่มาใช้กับเหตุการณ์สภาพแวดล้อม หรือกิจกรรมอื่น ๆ เช่น เมื่อเรียนเรื่องรูปสี่เหลี่ยมสามารถบอกได้ว่าหน้าต่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม โต๊ะเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้วย และส่วนที่ 2 เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ เช่น แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยการลองผิดลองถูก เช่น การสวมรองเท้า การใส่เสื้อกลับด้าน การติดกระดุม รู้จักถามเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหา หรือแก้ปัญหาโดยใช้อุปกรณ์ช่วยและรู้จักเลือกวิธีที่เหมาะสม

5) ความตั้งใจจดจ่อ (Concentration) เป็นการทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งอย่างต่อเนื่อง 5-10 นาที หรือจนเสร็จ เด็กอายุ 4 ปี เปิดดูหนังสือภาพด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องประมาณ 5-10 นาที หรือจนจบ มีสมาธิในการเล่นหรือมีความตั้งใจจดจ่อในการทำกิจกรรมหนึ่งได้อย่างต่อเนื่อง 5-10 นาทีหรือจนเสร็จ เด็กอายุ 5 ปี เปิดดูหนังสือภาพด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องนานประมาณ 10-15 นาที หรือจนจบ มีความตั้งใจจดจ่อและทำกิจกรรมหนึ่งได้อย่างต่อเนื่อง 15-20 นาที หรือจนเสร็จ

6) การคิดด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics) เด็กสามารถอ่านตัวเลขนับเลข และรู้จำนวนพฤติกรรมบ่งชี้ เด็กอายุ 3 ปี พูดคำว่า 1-10 เรียงลำดับได้โดยไม่จำเป็นต้องทราบความหมาย เด็กอายุ 4 ปี พูดคำว่า 1-20 เรียงลำดับได้โดยไม่จำเป็นต้องทราบความหมาย อ่านตัวเลขอารบิก 1-10 ได้ หยิบของตามจำนวน 1-5 ได้ถูกต้อง หยิบของตามจำนวน 6-10 ได้ถูกต้อง หยิบของตามจำนวน 1-5 ได้ และบอกจำนวนได้ถูกต้อง หักลบโดยนับนิ้ว หรือสิ่งของออกจากจำนวนไม่เกิน 5 ได้ บอกจำนวนสิ่งของที่เท่ากัน เช่น กล้วย 3 ลูก เท่ากับส้ม 3 ผล บอกจำนวนที่มากกว่า หรือน้อยกว่าของสิ่งของประเภทเดียวกันในจำนวน 5 เช่น สุนัข 5 ตัวมากกว่าสุนัข 2 ตัวดินสอ 1 แท่งน้อยกว่าดินสอ 3 แท่ง บอกจำนวนสิ่งของหรือจำนวนของกิจกรรมในชีวิตจำวันของตน เช่น กินข้าววันละกี่ครั้ง เด็กอายุ 5 ปี หยิบของตามจำนวน 6-10 ได้และบอกจำนวนได้ถูกต้อง เรียงลำดับตัวเลขอารบิกจาก 1-10 ได้ นับถอยหลังเรียงลำดับจาก 10 ไปถึง 1 รวมสิ่งของหรือนับนิ้วโดยใช้จำนวน 1-5 ได้ และ 1-10 ได้ บวกเลขหนึ่งหลักหรือสองหลักโดยไม่ต้องทด หักลบโดยนับนิ้ว หรือหยิบของออกจากจำนวนไม่เกิน 10 ได้ เขียนตัวเลขอารบิก 1-10 ได้ เขียนตัวเลขไทย ๑-๑๐ ได้ จัดสิ่งของเป็นจำนวนคู่จำนวนคี่ภายใน

จำนวน 10 ได้ บอกตัวเลขที่เป็นเลขคู่และเลขคี่ภายในจำนวน 10 ได้ บอกความคงที่ของเลขหนึ่งหลักที่เป็นผลรวมของเลขสองจำนวนได้หลายแบบ เช่น 2+3 หรือ 3+2 เท่ากับ 5

Piaget and Inhelder (1969) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget นักจิตวิทยาชาวสวิสเป็นที่รู้จักในฐานะผู้เชี่ยวชาญทฤษฎีพัฒนาการด้านสติปัญญาซึ่งหนังสือและบทความทั้งหมดของเขาเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กทฤษฎีนี้เน้นถึงความสำคัญของความเป็นมนุษย์ เชื่อว่ามนุษย์สามารถเกิดการเรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อม ซึ่งความสามารถนี้เป็นตั้งแต่เด็กแรกเกิด กระบวนการที่เด็กสร้างความคิดโดยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสิ่งแวดล้อม ปรากฏได้สองลักษณะคือ เด็กพยายามปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมโดยซึมซับการเรียนรู้จากประสบการณ์ และปรับโครงสร้างทางสติปัญญาตามสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสมดุลทางความคิดของ Piaget ได้แบ่งลำดับขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญา ไว้ 4 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensorimotor Stage) ขั้นพัฒนาการนี้อยู่ในช่วงระยะ 2 ปีแรกหลังการเกิด ขั้นนี้เป็นการเรียนรู้จากประสาทสัมผัส ในขั้นนี้พัฒนาการจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนาการเรียนรู้ การแก้ปัญหา มีการจัดระเบียบการกระทำ มีการคิดก่อนที่จะทำการกระทำจะทำอย่างมีจุดมุ่งหมายด้วยความอยากรู้อยากเห็น และเด็กยังสามารถเลียนแบบ โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวแบบให้เห็นในขณะนั้นได้ ซึ่งแสดงถึงพัฒนาการด้านความจำที่เพิ่มมากขึ้นในช่วง 18-24 เดือน

2) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) ขั้นนี้จะอยู่ในช่วง 2-7 ปี ในระยะ 2-4 ปี เด็กยังยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง มีขีดจำกัดในการรับรู้ สามารถเข้าใจได้เพียงมิติเดียว ในระยะ 5-6 ปี เด็กจะย่างเข้าสู่ขั้น Intuitive Thought ระยะนี้เป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อของการคิด ที่ขึ้นอยู่กับการรับรู้กับการคิดอย่างมีเหตุผลตามความจริง ซึ่งเด็กจะก้าวออกจากการรับรู้เพียงมิติเดียวไปสู่การรับรู้ได้ในหลาย ๆ มิติในเวลาเดียวกันมากขึ้น และจะก้าวไปสู่การคิดอย่างมีเหตุผล โดยไม่ยึดอยู่กับการรับรู้เท่านั้น เด็กจะเริ่มมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวดีขึ้น แต่ยังคิดและตัดสินผลของการกระทำต่าง ๆ จากสิ่งที่เห็นภายนอก

3) ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ขั้นนี้ เริ่มจากอายุ 7-11 ปี เด็กจะมีความสามารถคิดเหตุผลและผลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่ยึดอยู่เฉพาะการรับรู้เหมือนขั้นก่อน ๆ ในขั้นนี้เด็กจะสามารถคิดย้อนกลับ (Reversibility) สามารถเข้าใจเรื่องการอนุรักษ์ (Conservation) สามารถจัดกลุ่มหรือประเภทของสิ่งของ (Classification) และสามารถจัดเรียงลำดับของสิ่งต่าง ๆ (Seriation) ได้ เด็กในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรมจะพัฒนาจากการยึดตนเองเป็นศูนย์กลางไปสู่ความสามารถที่จะเข้าใจแนวคิดของสังคมรอบตัว และสามารถเข้าใจว่าผู้อื่นคิดอย่างไรมากขึ้น แม้ว่าการคิดของเด็กวัยนี้จะพัฒนาไปมากแต่การคิดของเด็กยังต้องอาศัยพื้นฐานของการสัมผัสหรือสิ่งที่เป็นรูปธรรม เด็กยังไม่สามารถคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมที่ซับซ้อนได้

เหมือนผู้ใหญ่ อย่างไรก็ตาม ตอนปลายของขั้นนี้เด็กจะเริ่มเข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์รอบตัวพร้อมจะแก้ปัญหา ไม่เพียงแต่สิ่งที่สัมผัสได้หรือเป็นรูปธรรมเท่านั้นแต่เด็กจะเริ่มสามารถแก้ปัญหา โดยอาศัยการตั้งสมมติฐานและอาศัยหลักของความสัมพันธ์ของปัญหานั้น ๆ บ้างแล้ว

4) ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) ตั้งแต่อายุ 11 ปี จนถึงวัยผู้ใหญ่เป็นช่วงที่เด็กจะสามารถคิดไม่เพียงแต่ในสิ่งที่เห็นหรือได้ยินโดยตรงเหมือนระยะก่อน ๆ อีกต่อไป แต่จะสามารถจินตนาการเงื่อนไขของปัญหาในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต โดยพัฒนาสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผลเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งก็หมายถึงว่า ในระยะนี้เด็กจะมีความสามารถคิดหาเหตุผลเหมือนผู้ใหญ่นั่นเอง

ณัฏฐา วรรธนะวิโรจน์ (2559) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัยที่สอดคล้องกับหลักการทำงานของสมอง สมองถูกออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้ สมองของเด็กปฐมวัยจะมีพัฒนาการการเชื่อมต่อของเซลล์อย่างรวดเร็ว ซึ่งเครือข่ายเซลล์สมองที่เชื่อมต่อกันมีความสำคัญมากต่อการเรียนรู้ การทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ ต้องจัดกิจกรรมให้เด็กได้รับประสบการณ์อย่างเหมาะสม ซึ่งประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ป้อนเข้าสู่สมองจะกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมต่อของเส้นใยประสาท ทำให้การเคลื่อนไหวของกระแสไฟฟ้าในเส้นใยประสาทเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจัดการเรียนรู้บนฐานสมองและจิต มีดังนี้

1) สมองทำงานได้หลายอย่างในเวลาเดียวกัน (A Parallel Processor) และการระบวนการในการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับสรีระทั้งหมดของร่างกาย สมองทำงานเป็นระบบองค์รวม (A Whole System) เพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติของมนุษย์การจัดการศึกษาจึงไม่ควรจัดแบบบูรณาการ

2) สมองเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของชีวิต ความสัมพันธ์ทางสังคมซึ่งเกิดจากการที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม จึงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเรียนรู้ในช่วงแรกของสมอง

3) มนุษย์มีความต้องการพื้นฐานตามธรรมชาติในการค้นหาความหมายของสิ่งต่าง ๆ ตอบสนองต่อความต้องการค้นหาความหมายด้วยการได้สำรวจและเรียนรู้

4) สมองจะทั้งรับรู้และทำความเข้าใจรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะสร้างและแสดงออกด้วยรูปแบบของตัวเอง

5) อารมณ์มีผลต่อรูปแบบการเรียนรู้ บรรยากาศที่เหมาะสมจึงเอื้อให้เกิดการเรียนรู้

6) สมองทั้งสองซีกจะทำงานอย่างสัมพันธ์กันในทุก ๆ กิจกรรม ซึ่งทำให้เราได้รู้ว่าสมองจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วน ๆ และทำความเข้าใจโดยภาพรวม

7) การเรียนรู้ประกอบด้วยจุดสนใจหลักและรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวไปพร้อม ๆ กัน

8) การเรียนรู้เป็นไปโดยที่เกิดความตระหนักในสิ่งที่กำลังเรียนรู้และไม่ได้ตระหนักว่าเกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้อาจไม่ได้เกิดขึ้นอย่างทันทีแต่ต้องใช้เวลาที่ค่อยๆเกิดขึ้น

9) มนุษย์มีวิธีจัดระบบความจำ 2 แบบที่สำคัญ คือ ระบบการจำเป็นมิติ และการท่องจำ การเรียนรู้ที่อย่างมีความหมายต่อผู้เรียนจะเกิดจากระบบความจำทั้งสองแบบนี้

10) ในช่วงต้นของชีวิต สมองจะมีการเติบโตอย่างรวดเร็วมาก สมองไม่ได้จำกัดหรือหยุดการเจริญเติบโต มนุษย์จึงสามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต

11) ความท้าทายจะช่วยกระตุ้นให้ต้องการเรียนรู้ ส่วนความกลัวจะยับยั้งการเรียนรู้

12) มนุษย์ทุกคนมีสมอง แต่สมองของแต่ละคนล้วนแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น แต่ละคนจึงมีแบบแผนของการเรียนรู้ (Learning Style) ความสามารถ และเชาวน์ปัญญาที่แตกต่างกัน

Bruner (1956) ได้พัฒนาทฤษฎีการเรียนรู้ ซึ่งบรูเนอร์เป็นนักจิตวิทยายุคใหม่ชาวอเมริกันคนแรกที่สืบสานความคิดของเพียเจต์ โดยเชื่อว่าพัฒนาการและการเรียนรู้ของเด็กเกิดจากกระบวนการภายในระบบของสิ่งมีชีวิต (Organism) ซึ่งจะพัฒนาได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความสำคัญของประสบการณ์และวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมรอบตัวเด็ก และเน้นว่าเด็กเรียนรู้อย่างไร ควรศึกษาตัวเด็กในชั้นเรียนไม่ควรใช้สัตว์ทดลอง ทฤษฎีของบรูเนอร์เน้นหลักกระบวนการคิด ซึ่งประกอบด้วย 4 ลักษณะ คือ การให้แรงจูงใจหรือการกระตุ้น (Motivation) โครงสร้างองค์ประกอบ (Structure) การจัดลำดับทางการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Sequence) และการเสริมแรง (Reinforcement) หลักการที่เป็นโครงสร้างองค์ประกอบของความรู้ของมนุษย์ บรูเนอร์แบ่งขั้นพัฒนาการในการเรียนรู้ออกเป็น 3 ขั้น ได้แก่

1) ระยะเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) วิธีการเรียนรู้ในขั้นนี้จะเป็นวิธีที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เด็กเรียนรู้จากการกระทำและการสัมผัส สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ เด็กจะต้องลงมือกระทำด้วยตนเอง เช่น การเลียนแบบ หรือการลงมือกระทำกับวัตถุสิ่งของ

2) ระยะเรียนรู้จากการคิด (Iconic Stage) เป็นระยะที่เด็กสามารถคิดจินตนาการด้วยสร้างมโนภาพในใจได้ และเด็กเกิดความคิดจากการรับรู้ตามความเป็นจริง เรียนรู้จากภาพแทนของจริงได้ เมื่อเด็กสามารถที่จะสร้างมโนภาพ (Imagery) ขึ้นได้ เด็กจะสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ในโลกได้ด้วย Iconic mode ดังนั้นในการเรียนการสอนเด็กสามารถที่จะเรียนรู้โดยการใช้ภาพหรือภาพสัญลักษณ์แทนของจริง เพื่อช่วยขยายการเรียนรู้

3) ระยะการเข้าใจสัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) เด็กเริ่มเข้าใจเรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว และพัฒนาความคิดรวบยอดที่ซับซ้อนเกี่ยวกับสิ่งที่พบเห็น สามารถที่จะสร้างสมมุติฐานและพิสูจน์ว่าสมมุติฐานถูกหรือผิดได้

Silverthorn (1999, p. 3) การพัฒนาทางการเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างองค์ความรู้ความสามารถ และกระบวนการของบุคคล เป็นการเปลี่ยนแปลงความสามารถทางการคิดของเด็กที่ไม่แตกต่างไปจากความสามารถทางความคิดและทักษะในการ

แก้ปัญหาของผู้ใหญ่ Piaget เชื่อว่าโครงสร้างการเรียนรู้ของเด็กเป็นขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว(Sensorimotor) และย้ายไปสู่ภายในใจ (การศึกษาเชิงปฏิบัติการ) นอกจากนี้ Piaget เชื่อว่าประสิทธิภาพในการรับรู้ของเด็ก มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับขั้นตอนการพัฒนาทางการเรียนรู้ (Cognitive Development Stage) ที่มีอยู่ ดังนั้นหากเด็กอยู่ในช่วงขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) (เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี) เขาจะไม่สามารถประสบความสำเร็จในการคิดตามวัยเด็กขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete Operation Stage) (เริ่มจากอายุ 6 ปี 7 เดือน ถึง 12 ปี) พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ Piaget เสนอทฤษฎีการพัฒนาความรู้ความสามารถในวัยเด็กในปี 1969 ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมามีการวิพากษ์วิจารณ์ทฤษฎีของ Piaget มากมาย สิ่งที่น่าสังเกตมากที่สุดคือนักจิตวิทยาพัฒนาการอภิปรายว่าเด็ก ๆ จะผ่านขั้นตอนสี่ขั้นตอนเหล่านี้ไปในทางที่ Piaget เสนอหรือไม่และเด็กที่ไม่ได้ไปถึงขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นทางการ อย่างไรก็ตาม นักจิตวิทยาพัฒนาการสมัยใหม่ กล่าวว่า ทฤษฎีของ Piaget มีอิทธิพลสำคัญในทุกเรื่อง นอกเหนือจากความคิดที่เสนอว่า สมรรถภาพการรับรู้ความสามารถของเด็กมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขั้นตอนที่พวกเขาอยู่ในนั้นเขาได้เสนอการพัฒนาที่สำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระยะใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ (Sensorimotor Period) อายุตั้งแต่แรกเกิดถึง 2 ปี เป็นขั้นพัฒนาการทางความคิดและสติปัญญาก่อนระยะเวลาที่เด็กจะพูดเป็นภาษาได้ ซึ่งระบบความรู้ความเข้าใจของเด็กถูกกำหนดให้เกิดปฏิกิริยาตอบโต้ขณะคลอด เด็ก ๆ มีการตอบสนองเหล่านี้เพื่อพัฒนาขั้นตอนที่ซับซ้อนมากขึ้น พวกเขาเรียนรู้ที่จะพูดคุยเกี่ยวกับกิจกรรมของพวกเขาในสถานการณ์ที่กว้างขึ้น และประสานให้กลายเป็นกลุ่มของพฤติกรรมที่ยาวขึ้น การแสดงถึงความคิดและสติปัญญาของเด็กวัยนี้จะเป็นในลักษณะของการกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหว เช่น การดูด การมอง การไขว่คว้า มีการแสดงออกถึงความเข้าใจน้อยมาก เพราะเด็กยังไม่สามารถแยกตนเองออกจากสิ่งแวดล้อมได้ จนกว่าเด็กจะได้รับประสบการณ์ เด็กจึงสามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ได้จนกระทั่งเด็กอายุประมาณ 18 เดือน จึงจะเริ่มแก้ปัญหาด้วยตนเองได้บ้าง และรับรู้เท่าที่สายตามองเห็น

2) ระยะเริ่มมีความคิดความเข้าใจ (Preoperational Thought) อายุตั้งแต่ 2 ปี ถึง 6 ปี 7 เดือน ในวัยนี้ตามทฤษฎีของ Piaget เด็กได้รับทักษะในการแสดงภาพจิตและภาษาโดยเฉพาะ พวกเขามีความมุ่งมั่นและมีมุมมองที่เป็นแบบการใช้ตัวเองเป็นศูนย์กลาง (Egocentric) นั่นคือเด็กก่อนระยะเริ่มมีความคิดความเข้าใจ ใช้ทักษะเหล่านี้เป็นตัวแทนเพื่อดูโลกจากมุมมองของตนเองเท่านั้น และยังไม่สามารถใช้สติปัญญากระทำสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างเต็มที่ ความคิดของเด็กวัยนี้ขึ้นอยู่กับการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถใช้เหตุผลลึกซึ้งได้

3) ระยะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete Operational) อายุตั้งแต่ 6 ปี 7 เดือน ถึง 12 ปี ในทางตรงกันข้ามกับเด็กระยะใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อก่อนแล้วเด็ก ๆ ในขั้นตอนระยะระยะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรมนี้ จะสามารถพิจารณามุมมองของบุคคลอื่นและพิจารณามุมมองมากกว่าหนึ่งมุมมองพร้อม ๆ ด้วยกระบวนการคิดของพวกเขาที่เป็นตรรกะมากขึ้น มีความยืดหยุ่นและมีระเบียบทางความคิดมากกว่าเด็กระยะก่อนหน้านี้ เด็กจะมีพัฒนาการทางความคิดและสติปัญญาอย่างรวดเร็ว สามารถคิดอย่างมีเหตุผล แบ่งแยกสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ลำดับขั้น จัดเรียงขนาดสิ่งของ การให้เหตุผลเชิงพื้นที่ และเริ่มเข้าใจเรื่องการคงสภาพเดิม สามารถนำความรู้หรือประสบการณ์ในอดีตมาแก้ปัญหาเหตุการณ์ใหม่ ๆ ได้ แต่ Piaget ก็อ้างว่าพวกเขายังไม่สามารถคิดหรือแก้ปัญหานามธรรมได้และพวกเขายังไม่สามารถพิจารณาผลที่เป็นไปได้ทั้งหมด

4) ระยะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงนามธรรม (Formal Operational) อายุตั้งแต่ 12 ปี ถึงวัยผู้ใหญ่ บุคคลที่เข้าสู่ระยะใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงนามธรรม ขั้นนี้เป็นขั้นสูงสุดของพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิด สามารถคิดอย่างมีเหตุผล และสามารถคิดแก้ปัญหาในแง่นามธรรมได้ด้วยวิธีการหลากหลาย ในทางทฤษฎี Piaget บอกว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนานี้และระบุว่าแม้ว่าเด็ก ๆ จะยังคงต้องแก้ไขฐานความรู้ แต่วิธีคิดของพวกเขาก็มีประสิทธิภาพเท่าที่จะทำได้ นักจิตวิทยาเชื่อว่า การพัฒนาความเข้าใจจะพัฒนาไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเข้าสู่วัยชรา ซึ่ง Piaget เชื่อว่าพัฒนาการของเชาวน์ปัญญามนุษย์จะดำเนินไปเป็นลำดับขั้น เปลี่ยนแปลงหรือข้ามขั้นไม่ได้

Kalchman, Moss, and Case (2001, p. 2) การพัฒนาความสามารถเชิงตัวเลขในระยะแรก เริ่มด้วยกำหนดจำนวนความรู้สึก: ลักษณะของความรู้สึกที่ดี ได้แก่ ความคล่องในการประมาณ และตัดสินขนาด ความสามารถในให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล หรือไม่สมเหตุสมผล ความยืดหยุ่น ในการคิดคำนวณในใจ และการแทนค่าที่เหมาะสมด้านคณิตศาสตร์

Wood and Attfield (2005) นักวิทยาศาสตร์หลายคนที่ศึกษาเกี่ยวกับการเล่นเพื่อการเรียนรู้ของปฐมวัยและสังเกตเห็นว่าการเล่นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนรู้และพัฒนา การเล่นช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้กระบวนการที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝึกซ้อม ทำซ้ำ เลียนแบบ สำรวจ ค้นพบ แก้ไข ขยาย รวม เปลี่ยนแปลง และการทดสอบ เป็นต้น มีคำอธิบายเกี่ยวกับการเล่นในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการเล่นโดยใช้เพียงประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ (Sensorimotor Period) ในวัย 0-2 ปี การเล่นโดยใช้ความคิดความเข้าใจ (Pre-Operational Period) ในวัย 2-7 ปี การเล่นโดยสามารถใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Period) ในวัย 7-11ปี และการเล่นโดยสามารถใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลเชิงนามธรรม (Formal Operational Period) ในวัย 11-15 ปี ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นล้วนแต่เป็นการเล่นเพื่อพัฒนาทางด้านสติปัญญา ซึ่งรูปแบบพัฒนาการทางทฤษฎีที่แตกต่างกันในการเรียนรู้และพัฒนา ช่วยให้เด็กสามารถแสดงความรู้สึก

อารมณ์และความคิดได้ คณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการเล่นเกิดขึ้นในชีวิตของเด็กในแต่ละช่วงอายุ กระบวนการทางปัญญาด้านคณิตศาสตร์เริ่มต้นก่อนเข้าเรียนโรงเรียน

Schlaggar and McCandliss (2007, p. 479) ในมุมมองการเจริญเติบโต กระบวนการพัฒนาจะขับเคลื่อนโดยการดัดแปลงทางพันธุกรรมก่อนการสร้างโครงสร้างของสมอง มุมมองทักษะการเรียนรู้ภายหลังจึงมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเป็นแรงขับเคลื่อนในการพัฒนา ความชานาญด้านการโต้ตอบเป็นผลมาจากการมีปฏิสัมพันธ์จากสภาพแวดล้อมเป็นแรงผลักดัน ทฤษฎีการพัฒนาเหล่านี้สัมพันธ์กัน รูปแบบการเรียนรู้เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนา ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการเพิ่มปลอกไมอิลิน (Myelination) ก่อนคลอดอาจมีโครงสร้างที่จำเป็นในการเชื่อมต่อระหว่างภาษากายกับภาษาในวัยเด็กทำให้เกิดการชำนาญในด้านภาษาของซีกซ้าย และทักษะในการอ่านหนังสืออาจช่วยพัฒนาการอ่านหนังสือในวัยเด็กและวัยรุ่นได้

Klingberg (2014, p. 573) ศึกษาทฤษฎีการพัฒนาในวัยเด็กเป็นทั้งขับเคลื่อนด้วยการเจริญเติบโตทางโครงสร้างงสมองหรือถูกขับเคลื่อนด้วยทักษะการเรียนรู้ ตั้งสมมุติฐานที่ว่าการพัฒนาหน่วยความจำขณะปฏิบัติการ (Working Memory) ในช่วงวัยเด็กนั้นเป็นผลมาจากการฝึกเรียนรู้ที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม กลไกการทำงานของระบบประสาทที่คล้ายคลึงกันนั้นเป็นตัวผลักดันการฝึกฝนเรียนรู้ที่เกิดขึ้น การพัฒนาเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมต่อการทำงานของเครือข่าย Fronto-Parietal มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถของหน่วยความจำขณะปฏิบัติการ

Ronfard, Zambrana, Hermansen, and Kelemen (2018, p. 101) Ronfard et al. กล่าวว่า ความสามารถของเด็กในการสืบค้นเป็นเรื่องที่น่าทึ่ง เพราะบอกถึงระยะพัฒนาการทางความสามารถในการเรียนรู้ที่ซับซ้อน มันช่วยให้ครูเตรียมสอนและปรับเปลี่ยนรูปแบบทางการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับระยะพัฒนาการ ระยะพัฒนาการจะมีความสำคัญกับทฤษฎีพัฒนาการเรียนรู้และความเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติทางการศึกษา เมื่อเทียบกับพฤติกรรมสำรวจอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเด็ก งานวิจัยเกี่ยวกับเด็ก ๆ หลายสาขาวิชาก็ค่อนข้างเบาบางและซับซ้อนไป จุดมุ่งหมายของการทบทวนนี้คือเพื่อจัดเตรียมกรอบสำหรับการจัดงานวิจัยในอดีตและในอนาคตเกี่ยวกับการตั้งคำถามและการใช้กรอบนี้ เราแบ่งรูปแบบออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) การเริ่มต้น 2) การวางหลักเกณฑ์ 3) การแสดงออก และ 4) การประเมินผลการตอบสนองและการติดตามผล จากการค้นคว้าวิจัยด้านจิตวิทยาการศึกษาและจิตวิทยาเชิงพัฒนาการเราได้ทบทวนสิ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีและไม่เป็นที่รู้จักใน 4 องค์ประกอบนี้ ระหว่างวัยเด็กกับโรงเรียนประถมศึกษาและอธิบายถึงแหล่งความแปรปรวนในการพัฒนา สรุปผลระยะพัฒนาการเด็กก่อนวัยเรียน (ก่อนประถมศึกษา) มีความกังวลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองและใช้ข้อมูลนี้ตัดสินใจ เมื่อต้องการขอข้อมูลจากบุคคลอื่น ในความเป็นจริงตอนท้ายของปีก่อนวัยเรียน เด็กแสวงหาข้อมูลในการตอบสนองต่อความหมายเช่นเดียวกันกับผู้ใหญ่ เด็กสามารถหาเหตุผลในการให้ข้อมูลในการตอบคำถาม และขอข้อมูลเพิ่มเติมหากการให้เหตุผลในการตอบสนอง

ล้มเหลว พวกเขาสามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ แต่พยายามที่จะใช้ข้อมูลนี้เพื่อนำคำถามของพวกเขาไปใช้ในความต้องการอื่น ๆ เช่น สร้างคำถามของตัวเอง

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย มีดังนี้

นีรนิตย์ กั่วพานิช (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยการละเล่นของเด็กไทย และการเล่นเกมเลียนแบบใน นักเรียนชั้นอนุบาลสอง กำหนดกลุ่มทดลอง กลุ่มเปรียบเทียบ จำนวนกลุ่มละ 15 คน โดยใช้ระยะเวลาจัดประสบการณ์ 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังใช้การจัดประสบการณ์การละเล่นของเด็กไทยแตกต่างกับทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังใช้เกมเลียนแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ปณิชา มโนสิทธยากร (2553) ได้ทำการการวิจัยเปรียบเทียบระดับทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเล่นเกมการศึกษาเน้นเศษส่วนของรูปเรขาคณิตก่อนและหลังที่ได้รับการจัดกิจกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาล 3จำนวน 30 คนโดยทำการวิจัยเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 40 นาที ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเล่นเกมการศึกษาเน้นเศษส่วนรูปเรขาคณิต มีทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการเปลี่ยนแปลงความสามารถ จากระดับปานกลางเป็นระดับดีทั้งโดยรวมและรายด้าน

กมลรัตน์ กมลสุทธ (2555) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดประสบการณ์ตามแนวมอนเตสซอรี่ (Montessori Method) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นเด็กปฐมวัย กำลังศึกษาอยู่ในชั้นอนุบาล 2 จำนวน 12 ระยะเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 3 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่าทักษะทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังได้รับการจัดประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวมอนเตสซอรี่อยู่ในระดับดี ทั้งโดยรวมและรายด้าน ทั้งด้านการจำแนก ด้านการเรียงลำดับ และด้านการนับ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิมลรัตน์ คงนาค (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรม เคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัยอายุ 3 – 5 ปี เป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เด็กปฐมวัยจะมีพัฒนาการทุกด้านอย่างรวดเร็วมากและเด็กในวัยนี้จะเกิดการเรียนรู้มากกว่าในวัยอื่น ๆ การเลือกวิธีจัดประสบการณ์ในวัยนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อสร้างพื้นฐานทีสำคัญต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของแผนการจัดประสบการณ์การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์ที่มี

ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน เปรียบเทียบทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์ และเพื่อศึกษาพฤติกรรมของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า มี 2 ชนิด ได้แก่ แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหว และจังหวะประกอบอุปกรณ์ แบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาค้นคว้าที่ได้มีดังนี้ แผนการจัดประสบการณ์การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์มีทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาพฤติกรรมการพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์ พบได้ว่าอยู่ในระดับ ดี นักเรียนมีทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านการสังเกตและจำแนก ด้านการเปรียบเทียบ ด้านจำนวนและตัวเลข และด้านการเรียงลำดับ

พรภัทรินทร์ งามนิธิจารุเมธี (2556, หน้า 129) ได้ศึกษาผลการจัดประสบการณ์แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของเด็กปฐมวัย โดยศึกษาจำนวนของเด็กปฐมวัยที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กกำลังศึกษาอยู่ชั้นอนุบาลปีที่ 2 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์แบบสืบเสาะหาความรู้มีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังเรียนผ่านเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เด็กประถมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์แบบสืบเสาะหาความรู้มีความรู้ความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บุษยมาศ ผึ้งหลวง (2557, หน้า 179) ได้ศึกษาผลของการส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยผู้ปกครองผ่านชุดกิจกรรมสนุกกับลูกรัก กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กปฐมวัยอายุระหว่า 4-5 ปี จำนวน 20 คน ใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดกิจกรรม จำนวน 8 ชุด และแบบทดสอบเชิงปฏิบัติทักษะพื้นฐานของเด็กปฐมวัย ผลการศึกษาพบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการส่งเสริมทักษะทางคณิตศาสตร์โดยผู้ปกครองผ่านชุดกิจกรรมสนุกกับลูกรัก มีความสามารถด้านทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยในทุกทักษะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุมาพร เฉลิมผจง (2557, หน้า 129) ได้วิจัยเปรียบเทียบจำนวนของเด็กปฐมวัยที่มีคะแนนความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้เกมเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดประสบการณ์เกมการศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชั้นอนุบาล 1 จำนวน

30 คน ผลการวิจัยที่ได้คือ เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้เกมเชิงคณิตศาสตร์มีความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ณัฏนันฐกาญจน์ ภูมาก, ลัดดา เชียงนางาม และปิยรัตน์ เที่ยงภักดิ์ (2563, หน้า 95-96) ได้ศึกษาผลการพัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย โดยใช้การจัดประสบการณ์การประกอบอาหารโรงเรียนภูห่านศึกษา จังหวัดขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การประกอบอาหาร และเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยก่อนและหลังการจัดประสบการณ์การประกอบอาหาร จำนวน 20 คน ใช้เวลา 8 สัปดาห์ ในการทดลอง สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 24 ครั้ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดประสบการณ์การประกอบอาหารและแบบทดสอบเชิงปฏิบัติทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดประสบการณ์การประกอบอาหาร ระดับทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยในภาพรวมอยู่ในระดับดี (24.30) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการสังเกตเปรียบเทียบ ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการเรียงลำดับ และด้านการรู้ค่าจำนวน อยู่ในระดับดี (6.00, 5.95, 6.20 และ6.159 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ สามารถเรียนได้หลายด้านในกิจกรรมเดียวกัน สอดแทรกได้ตามวุฒิภาวะของเด็กการลงมือปฏิบัติโดยใช้ประสาทสัมผัสทุกด้าน เป็นวิธีการที่พัฒนาเด็กได้ดีที่สุด

วัชราภรณ์ บุญยรักษ์ และคทาวุธ ชาติศักดิ์ยุทธ (2563, หน้า 64) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาเพื่อทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ ในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสร้างสรรค์พัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย และเพื่อพัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยหลังได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 2 จำนวน 56 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์พัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย และแบบทดสอบทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยหลังได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ มีผลการวิจัย ดังนี้

1) ผลการสร้างชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย มี 4 หน่วยการเรียนรู้ ใช้เวลาเรียนทั้งหมด 24 คาบ ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม ผลปรากฏว่าการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของชุดกิจกรรมสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

2) ผลการทดลองและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ พัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ สำหรับเด็กปฐมวัย พบว่ามีประสิทธิภาพ 93.13/92.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

3) คะแนนทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สวรรยา สกุลทับ (2563, หน้า 149) ได้ศึกษาผลของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมบริหารสมอง เพื่อเสริมสร้างทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมบริหารสมองให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ 3) หาค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดประสบการณ์ การเรียนรู้ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ จำนวน 32 คน ได้ผลการศึกษา ดังนี้

1) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมบริหารสมองมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.44/84.68 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2) ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์หลังการจัดประสบการณ์สูงกว่าก่อนการจัดประสบการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ดัชนีประสิทธิผลของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เท่ากับ 0.6260 ซึ่งผลที่ได้แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 62.60

แสงดาว แซ่หลู (2563, หน้า 171-172) ได้ศึกษาผลของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลวัดละหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ และแบบประเมินทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.73/87.92 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์ มีคะแนนเฉลี่ย หลังการจัดประสบการณ์สูงกว่าก่อนการจัดประสบการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุพัตรา เลขาวิจิตร (2563, หน้า 9) ได้ศึกษาผลของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาและเพลงเพื่อพัฒนาความพร้อมทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยใช้เกมการศึกษาและเพลง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2) เพื่อเปรียบเทียบความพร้อมทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของเด็กปฐมวัย ที่ได้รับจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยใช้เกมการศึกษาและเพลง กลุ่มตัวอย่างในการทดลองคือเด็กอนุบาลปีที่ 2 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนกำรจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาและเพลง และแบบประเมินความพร้อมทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เท่ากับ 85.90/89.00 และความพร้อมทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาและเพลงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Hranitz (1985, pp. 24-27) คุณค่าของดนตรีในการเพิ่มความรู้แก่เด็กเล็กนั้นไม่ได้รับการยอมรับ โดยเฉพาะในด้านของกิจกรรมคณิตศาสตร์ แม้จะมีจำนวนการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับผลของการสอนดนตรีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านคะแนนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่มีงานออกมาน้อย ซึ่งการวิจัยของนักเรียนในระบบโรงเรียนแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านศิลปะจะเป็นประโยชน์ต่อตัวเด็ก คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างมากสำหรับนักเรียนที่เรียนดนตรี หลักฐานการวิจัยระบุถึงประโยชน์ของการเรียนรู้ผ่านทางศิลปะแขนงนี้อย่างชัดเจน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้และจดจำเมโลดี้เกิดขึ้นได้แต่ก่อนจนกระทั่ง 3 ปีแรกในชีวิตของเด็ก คือช่วงเวลาที่สามารถใช้ดนตรีเพื่อกระตุ้นการพัฒนาเส้นประสาทระหว่างเซลล์สมองที่จำเป็นในการพัฒนาองค์ความรู้ที่ดีที่สุด เพลงจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัยมานานกว่าศตวรรษเนื่องจากเพลงกลายเป็นส่วนหนึ่งของกิจวัตรประจำวัน ขณะที่ศึกษาการทำงานของสมองที่สูงขึ้น พบว่ามีการเชื่อมโยงบทเรียนเพลงเข้ากับความสามารถในการให้เหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ ต่อเนื่องมาจนถึงในเด็ก 4-6 ปีเป็นที่แน่ชัดว่าดนตรีมีอิทธิพลอย่างมากต่อชีวิตทางการเรียน ดนตรีจึงสมควรได้รับความสำคัญที่เท่าเทียมกับเนื้อหาอื่น

Griffiths (1994, pp. 156-157) การเล่นเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และการสอนที่มีประสิทธิภาพ เป็นกุญแจสำคัญที่มีประสิทธิภาพของพัฒนาการการเรียนรู้ในวัยเด็ก ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาการเรียนรู้ของเด็กโดยรวมในช่วงแรกของพัฒนาการตามวัย ครูควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเล่นและแนวปฏิบัติเกี่ยวกับรูปแบบการเล่นให้มากขึ้น คณิตศาสตร์และการเล่นเป็นความสัมพันธ์ที่ส่งเสริมประโยชน์แก่กันมาก ถ้าต้องการให้เด็ก ๆ ประสบความสำเร็จทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เราต้องแสดงให้เห็นว่าคณิตศาสตร์มีความสนุกสนาน มีประโยชน์ และเป็นกิจกรรมที่ง่ายต่อการเรียนรู้ และจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างงบุคคล ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมซึ่งกันและกัน การเล่นไม่ใช่แค่ใช้สำหรับทำกิจกรรมให้สนุกสนานเท่านั้น รวมถึงกระบวนการทางตรรกะที่ช่วยให้เด็กบรรลุเป้าหมายของความสัมพันธ์ระหว่างกับกิจกรรม การเล่นประกอบด้วยการคิด การผลิต การคิดสร้างสรรค์ การค้นพบกระบวนการมีความหมายอย่างมีนัยสำคัญ

Gmitrova and Gmitrov (2003, p. 241) ได้ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบต่าง ๆ ของการเล่นสมมุติในการแสดงความรู้ความเข้าใจของเด็กในสภาพแวดล้อมแบบผสมผสาน รูปแบบการจัดการกระบวนเรียนรู้แบบการเล่น 2 รูปแบบคือ 1) กิจกรรมการเล่นโดยครูเป็นผู้ชี้แนะและมีส่วนร่วมกับเด็กทุกคนในห้องเรียน ซึ่งครูมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสอน การกำหนดกิจกรรมของเด็ก และ 2) กิจกรรมการเล่นแบบอิสระ มีการสังเกตการณ์ 26 ข้อ ในเด็กปฐมวัย จำนวน 51 คน อายุเฉลี่ยของเด็ก 4.6 ปีโดยมีช่วงอายุตั้งแต่ 3 ถึง 6 ปี เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมทางอารมณ์และความรู้ความเข้าใจของเด็กตามหลักเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป ได้แก่ พฤติกรรมพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ของ Bloom (1976) และด้านจิตพิสัย(Affective Domain) ของ Krathwohl (1964) เราพบการเพิ่มขึ้นของพัฒนาการทางสมองในทิศทางของกิจกรรมการเล่นโดยครูเป็นผู้ชี้แนะมากกว่าเมื่อเทียบกับกิจกรรมการเล่นแบบอิสระ

DiPerna, Lei, and Reid (2007, p. 369) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำนายในระยะยาวระหว่างพฤติกรรมในชั้นเรียนของเด็กเล็กกับพัฒนาการการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา ใช้การศึกษาตามช่วงวัยเด็กในปฐมวัย–การศึกษาตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ปฐมวัย ทดสอบโมเดลระยะยาว (Longitudinal Model) ที่มีผลในเชิงบวก (ทักษะและวิธีการในการเรียนรู้) และมีผลในเชิงลบ (อารมณ์ภายใน-Internalizing และ อารมณ์ที่แสดงออก-Externalizing) พฤติกรรมที่ปฏิบัติในระหว่างที่เข้าศึกษาในโรงเรียนอนุบาลเป็นตัวทำนายความสำเร็จในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมเชิงลบไม่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ในระยะแรก ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบเพียงเล็กน้อยกับพัฒนาการทางทางคณิตศาสตร์เมื่อมีพฤติกรรมบวกอื่น ๆ เป็นตัวทำนายร่วม ในทางตรงกันข้าม แนวทางการเรียนรู้ (จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม, ความต่อเนื่อง, การจัดการอย่างเป็นระบบ) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในเชิงบวกเพียงเล็กน้อยด้านการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ และอาจเป็นขอบเขตด้านทักษะสำหรับผู้สอนที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบการจัดการเรียนรู้

Heuvel-Panhuizen and Boogaard (2008, p. 341) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกระบวนการทางปัญญาผ่านทางหนังสือภาพ โดยเด็กที่อายุ 5 ขวบ 5 คนแต่ละคนอ่านหนังสือนอกห้องเรียนโดยไม่ได้มีการตั้งคำถามหรือให้รายละเอียดใด การเขียนโค้ดตามกรอบแนวคิดพัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์คำพูดของเด็กที่ให้ความสัมพันธ์ลึกซึ้งเกี่ยวกับธรรมชาติการเรียนรู้ทางปัญญาของเด็ก คำพูดเกือบครึ่งหนึ่งของกลุ่มตัวอย่าง เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ข้อค้นพบของการศึกษาสนับสนุนแนวคิดที่ว่าการอ่านหนังสือภาพสำหรับเด็ก แม้จะไม่ได้รับคำแนะนำหรือข้อบ่งชี้การใช้งานที่ชัดเจน แต่กลับมีศักยภาพดึงดูดใจสำหรับเด็กให้มีส่วนร่วมทางเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ การอ่านหนังสือภาพ

ส่งผลต่อสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของเด็ก วิธีการนี้เป็นหนึ่งสิ่งที่สำคัญอย่างเห็นได้ชัดในการสอนทักษะเพื่อให้นักเรียนทำดีที่สุดในวิชาคณิตศาสตร์

Keat and Wilburne (2009, pp. 61-66) ได้ศึกษาหนังสือนิทานมีผลต่อความสำเร็จทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของเด็กอนุบาล ซึ่งครูสังเกตว่านักเรียนระดับปฐมวัยที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะมีทัศนคติเชิงลบเป็นปัจจัยที่ส่งผลทางลบสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้นิทานสำหรับเด็กมีตัวละครต่าง ๆ ในเรื่องราวที่มีบริบทสำหรับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์เนื้อหาประกอบด้วย 4 ประเด็น คือ 1) การพัฒนาพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเด็ก 2) การใช้จินตนาการเด็กเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ 3) รูปแบบของการมีส่วนร่วมของเด็กกับแนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ 4) หลักฐานตามกรอบแนวทางการเรียนรู้ ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมทั้งก่อนและหลังการทดสอบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กเกี่ยวกับเงิน การสำรวจทัศนคติ การสังเกตพฤติกรรม เทปเสียงในการอ่านหนังสือเรื่อง และการพูดคุยกับเด็ก และมีการศึกษาก่อนและหลัง จากการสัมภาษณ์ครูแต่ละคนและการอภิปรายกลุ่มกับครู รวบรวมเอกสารที่นักเรียนเขียนและคัดเลือกผลงานเพื่อตอบคำถามการวิจัย การศึกษาพบว่า การใช้นิทานส่งผลทางบวกต่อความสำเร็จของเด็กทั้งด้านของเป้าหมายการเรียนรู้และการพัฒนาการทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์

Jordan, Kaplan, Ramineni, and Locuniak (2009, p. 1) ได้ศึกษาความสามารถในการคำนวณของเด็ก ๆ ใน 6 ครั้ง ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และได้ตรวจสอบเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในภายหลังมากกว่า 5 ครั้ง ตั้งแต่ปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการศึกษา การพัฒนาอย่างต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่าความสามารถในระดับอนุบาลสามารถทำนายอัตราพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เห็นเว่าเด็กที่มีทักษะต่ำจะทำพัฒนาได้ไม่ดีเท่ากลุ่มที่มีทักษะปานกลางในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการพัฒนาก้าวหน้าไปในอัตราที่ชะลอลง เพราะประสิทธิภาพทางทักษะการคำนวณของพวกเขาถูกจำกัดด้วยความสามารถที่ต่อเนื่องมาจากระดับอนุบาล

Whyte and Bull (2008, pp. 588-596) ได้ศึกษาเกมแสดงจำนวนขนาดและหมายเลขพื้นฐานในเด็กก่อนวัยเรียน ผลของการฝึกเกมกระดาน 3 เกม (จำนวนเส้นตรง สีเชิงเส้น และจำนวนที่ไม่ใช่เชิงเส้น) ที่มีต่อเด็กเล็ก (อายุเฉลี่ย 3 ปี 8 เดือน) ความสามารถในการนับ การตั้งชื่อจำนวน ความเข้าใจขนาด ความถูกต้องในงานการประมาณจำนวน การประเมินตำแหน่งและได้ตรวจสอบการแทนค่าขนาดเชิงตัวเลข ประสิทธิภาพก่อนและหลังการทดลองถูกนำมาเปรียบเทียบหลังจากการฝึก 25 นาที จำนวน 4 ครั้ง หลังการทดลองเกมกระดานตัวเลขเชิงเส้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเด็กอย่าง

มีนัยสำคัญ และอำนวยความสะดวกในการเปลี่ยนจากลอการิทึมการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เป็นการนำเสนอเชิงเส้นขนาดเชิงตัวเลขโดยเน้นความสำคัญของการประมาณพื้นที่ใน การสัมผัสกับเกมไพ่หมายเลขที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินขนาด และความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์เชิงปริมาณ และที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ แต่ไม่มีเส้นตรงใด ๆ เพิ่มทักษะมิติสัมพันธ์ของทักษะการใช้ตัวเลขขั้นพื้นฐาน แต่ไม่ได้เพิ่มความแม่นยำในการประมาณเชิงตัวเลข

Reid (2009, pp. 16-23) ศึกษาบทกวีช่วยให้ครูสามารถเชื่อมต่อกับนักเรียนได้ในรูปแบบใหม่ ครูสามารถแสดงให้นักเรียนเห็นว่า "บทกวีเป็นสิ่งที่แต่งขึ้นเพื่อสัมผัสความคิดความรู้สึกและประสบการณ์" เมื่อบทกวีรวมอยู่ในหลักสูตรนักเรียนจะได้เรียนรู้ที่จะค้นพบโดยการมองไปที่การเรียนรู้สภาพแวดล้อมในรูปแบบใหม่ บทกวีมีจุดยืนที่แตกต่างจากนิทานเรื่องเล่าและบทเรียนทางภาษาเพราะบทกวีสามารถสร้างแรงบันดาลใจการแสดงความคิดส่วนบุคคล เด็ก ๆ ในชั้นเรียนได้รับประสบการณ์การพัฒนาทางภาษาที่สำคัญและเริ่มแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ผ่านบทกวี

Keat and Wilburne (2009, p. 61) ได้ศึกษาวิธีการเรียนการสอนแบบผสมผสาน เพื่อสำรวจว่าหนังสือนิทานมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และแนวทางในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยอย่างไร ข้อสังเกตของครูในการวิจัยระบุว่าเด็กนักเรียนชั้นปฐมวัยขาดความรู้ทางคณิตศาสตร์ และมีทัศนคติเชิงลบต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นแรงผลักดันในการเรียนรู้ ครูผู้สอนชั้นอนุบาล 3 คน ที่ได้สอนหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ แล้วใช้หนังสือนิทานสำหรับเด็กที่มีบริบทสำหรับสร้างคำถามปัญหาทางคณิตศาสตร์ การศึกษาแสดงให้เห็นถึงผลต่อความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน การระบุประเด็นสำคัญ 4 ประเด็นปรากฏว่าวิธีการในการเรียนรู้ของนักเรียนมีอิทธิพลอย่างไร เมื่อใช้หนังสือนิทานในหน่วยการเรียนคณิตศาสตร์

Edo, Planas, and Badillo (2009, p. 325) ได้ศึกษาสถานการณ์เกี่ยวกับการสอนที่จัดบริบทการใช้สภาพแวดล้อมการเล่นเชิงสัญลักษณ์ในชั้นเรียนของของเด็กปฐมวัยที่อายุ 5-6 ปี แหล่งข้อมูลหลักของเอกสารนี้มาจากการทดลองที่วางแผนไว้ในส่วนที่เกี่ยวกับสมมติฐานการวิจัย ว่าการเล่นเกมสัญลักษณ์ในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นช่วยให้นักเรียนเพิ่มการเรียนรู้ทักษะทางคณิตศาสตร์ในวัยก่อนเรียนหรือไม่ ซึ่งแนวคิดมาจากทฤษฎีการเรียนการสอนและการเรียนรู้ทางสังคมศาสตร์ที่ได้แรงบันดาลใจจาก Vygostsky (1997) ผลการศึกษาได้รับการยืนยันว่าการสร้างและการมีส่วนร่วมในสถานการณ์ที่จำลองการเล่นในชั้นเรียนเป็นจุดเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ทักษะในสถานการณ์ที่มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและเพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการการแสดงออกของนักเรียนในระหว่างการเล่นเกมสัญลักษณ์และการนำเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปธรรมเข้าไปในความคิดเชิงคณิตศาสตร์ของพวกเขาแล้ว

Brendefur, Strother, Thiede, Lane, and Surges-Prokop (2013, pp. 187-195) ได้ศึกษาโปรแกรมการพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์อย่างมืออาชีพ เริ่มต้นในเด็กก่อนวัยเรียน มีวัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบผลกระทบที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กอายุสี่ขวบ โดยให้ได้รับกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่มีพื้นฐานเป็นสี่รูปแบบ คือ จำนวน (Number) การตีความความสัมพันธ์ (Interpreting Relationships) การวัด (Measurement) การให้เหตุผลทางมิติสัมพันธ์ (Spatial Reasoning) โดยการสุ่มเลือกเพื่อเข้าร่วมเป็นกลุ่มการทดลอง หรือกลุ่มควบคุมเราสามารถตรวจสอบผลของการพัฒนาด้วยชุดของกิจกรรมที่มีต่อความรู้ของเด็กก่อนวัยเรียน ในระยะเวลาหกเดือนพบว่า เด็กในกลุ่มทดลองมีความคล่องแคล่วและยืดหยุ่นมากขึ้น โดยทักษะด้านการคำนวณ ความสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีกว่าเด็กในกลุ่มควบคุม

Edens and Potter (2013, p. 235) ได้สำรวจความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจ และการเลือกกิจกรรม โดยศึกษาห้องเรียนชั้นอนุบาล 4 ขวบ เด็กตรวจสอบทักษะพื้นฐานของ ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) เช่น การนับ มิติสัมพันธ์ และลักษณะเชิงจำนวน ออกแบบการวิจัยแบบผสมผสานด้วยมาตรการ เชิงประจักษ์ เชิงโครงสร้าง และการการสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลหลายแหล่ง รวมทั้งการสัมภาษณ์ด้วยวิดิทัศน์ ข้อมูลเชิงสังเกตที่เป็นระบบและครูเป็นผู้ให้คะแนน ผลการวิจัยพบว่า เด็ก ๆ ที่มุ่งความสนใจไปที่การนับจำนวนจะมีความก้าวหน้าในทักษะการนับของพวกเขา การให้คะแนนของครูมีผลด้านแรงจูงใจและความสนใจมีความสัมพันธ์กับทักษะการนับ และทักษะด้านมิติสัมพันธ์ การให้คะแนนของครูอย่างต่อเนื่องมีความสัมพันธ์กับทักษะการนับ และการทำรานงานตนเองของเด็กในวิชาคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับทักษะเชิงพื้นที่ มีความแปรปรวนในกิจกรรมเสรีที่มีมีการทำเป็นกลุ่ม หรือเล่นกิจกรรมละครกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ คือ การสร้างบล็อกและเกมคอมพิวเตอร์บางส่วน สังเกตได้ว่านักเรียนที่มีทักษะในวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ มีแนวโน้มเลือกกิจกรรมที่ท้าทายเกี่ยวกับความรู้ความสามารถน้อยกว่า

Passolunghi (2014, pp. 81-98) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความจำขณะคิดและการฝึกการคิดคำนวณในเด็กก่อนวัยเรียน โดยเด็กก่อนวัยเรียนมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ รวมถึงปัจจัยทั้งโดเมนเฉพาะและโดเมนทั่วไป การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลของการฝึกสองประเภทที่มีต่อทักษะการคิดคำนวณ การฝึกประเภทที่หนึ่งมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยความจำขณะคิดซึ่งเป็นพื้นฐานเบื้องต้นทั่วไปของโดเมน ในขณะที่อีกประเภทหนึ่งมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณในช่วงต้น ผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นเด็กปฐมวัย อายุ 5 ปี จำนวน 48 คน ทั้งโปรแกรมความจำที่ขณะคิดและโปรแกรมการฝึกการคำนวณ นั้นถูกนำมาใช้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าการแทรกแซงการคำนวณในระยะเริ่มแรกนั้นสามารถพัฒนาความสามารถในการคำนวณในช่วงต้นของเด็กก่อนวัยเรียนโดยเฉพาะ ในขณะที่การแทรกแซงของหน่วยความจำขณะคิดดีขึ้น ไม่เพียงแค่ความสามารถในการทำงานของหน่วยความจำดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังเพิ่มความสามารถในการคำนวณเบื้องต้น การค้นพบนี้

เน้นถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมที่ออกแบบมาเพื่อฝึกความสามารถในการทำงานของหน่วยความจำเพิ่มเติมจากกิจกรรมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะที่เฉพาะเจาะจง ในการป้องกันปัญหาการเรียนรู้ในเด็กก่อนวัยเรียน

Sarnecka (2021, pp. 1004-1005) มนุษย์มีวิวัฒนาการอย่างน้อยสองวิธีในการคิดคำนวณที่เกี่ยวกับตัวเลข

1) ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) มนุษย์เช่นเดียวกับสัตว์อื่น ๆ แสดงให้เห็นรูปแบบของค่าประมาณของชุดใหญ่ (อย่างน้อยหลายร้อยชิ้น) จำนวนของชุด (ของสิ่งต่าง ๆ ในโลก) จะแสดง (ในสมอง) ด้วยขนาดของเซลล์ประสาทที่ใหญ่ขึ้นเมื่อตัวเลขมีจำนวนมากขึ้น การแทนหมายเลขในระบบนี้สามารถเปรียบเทียบกับการตัดสินใจว่าชุดใดชุดหนึ่งมีตัวเลขมากหรือน้อย แต่ระบบนี้ไม่สามารถระบุจำนวนที่แน่นอนได้

2) การเป็นตัวแทนของกลุ่มเล็ก ๆ (Representing Small Sets of Individuals)หรือระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System) มนุษย์และสัตว์อื่น ๆ ยังมีความสามารถในการประมาณการกลุ่มเล็ก ๆ ได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่นเด็กวัยทารกอาจแทนฉากที่มี *“สุนัขตัวใหญ่ สุนัขตัวใหญ่ และสุนัขตัวเล็ก ๆ”* (p. 1004) ตัวเลขจะแสดงเฉพาะแบบแผนความคิดประกอบด้วยสัญลักษณ์สามตัว แต่ไม่มีสัญลักษณ์ 'สาม' ดังนั้นระบบจึงไม่แสดงจำนวนอย่างชัดเจน แต่ก็สนับสนุนการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขบางอย่าง เช่น ความเท่าเทียมเชิงตัวเลขและตัวเลขที่มีมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากแบบจำลองของกลุ่มย่อย ๆ สามารถเปรียบเทียบได้บนพื้นฐานของการสัมพันธ์กัน 1-1 แม้ระบบจะแสดงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขบางส่วนแต่ระบบนี้ก็ไม่เพียงพอสำหรับการแสดงตัวเลขที่มีกลุ่มขนาดใหญ่ ประการแรกยังไม่ชัดเจนว่าระบบมีสัญลักษณ์ใด ๆ สำหรับค่าที่เป็นรูปธรรม ประการที่สองขนาดชุดที่สามารถแสดงได้จะ จำกัด เพียง 1, 2, 3 และ 4 เท่านั้น ทารกในวัยเด็กมักจะประมาณค่าได้เพียงสามรายการ ส่วนเด็กโตและผู้ใหญ่ ระบบนี้จะประมาณค่าได้ถึงสี่

van den Heuvel-Panhuizen, Elia, and Robitzsch (2016, p. 323) ศึกษาการทดลองภาคสนามด้วยการออกแบบกลุ่มควบคุมที่ทำการทดสอบก่อนสอบเทียบซึ่งมีการศึกษาศักยภาพในการอ่านหนังสือภาพเด็ก เพื่อสนับสนุนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของพวกเขา การศึกษามีเด็ก 384 คนจาก 18 โรงเรียนอนุบาลในประเทศเนเธอร์แลนด์ การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อมีการควบคุมตัวแปรร่วมที่เกี่ยวข้องโปรแกรมการอ่านหนังสือภาพ ส่งผลทางบวก ต่อสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยวัดจากผลการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย จำนวน การเปรียบเทียบ และรูปเรขาคณิต เมื่อเทียบกับการเพิ่มขึ้นจากการทดลองก่อนการทดลองในกลุ่มควบคุมการเพิ่มขึ้นของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่า 22% สรุปได้ว่าการศึกษาการอ่านหนังสือภาพ มีความสำคัญในหลักสูตรการจัดประสบการณ์ของโรงเรียนอนุบาล แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันของอายุกัน ภูมิหลังทางเศรษฐกิจ และสังคม

ความสามารถทางภาษา และความรู้ที่มีก่อนหน้านี้ในวิชาคณิตศาสตร์โปรแกรมอ่านหนังสือภาพดูเหมือนจะมีประสิทธิภาพในชั้นอนุบาล สนับสนุนการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ของเด็ก

Park, Bermudez, Roberts, and Brannon (2016, p. 278-293) ได้ทดสอบสมมุติฐานว่าเปรียบเทียบเชิงปริมาณ และการลบข้อมูลจำนวนมากประเภทเดียวกันแบบเป็นลำดับนั้นส่งผลให้มีการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ในเด็กเล็ก ซึ่งแนวคิดนี้เกิดขึ้นจากการศึกษาในผู้ใหญ่ เด็กอายุ 3 ถึง 5 ปี แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ การเล่นเกมคณิตศาสตร์ประมาณค่าที่ไม่ใช่สัญลักษณ์โดยเปรียบเทียบกับเด็ก ๆ ที่เล่นเกมแท็บเล็ตด้านความจำ การศึกษาชี้ให้เห็นว่ากาเชเปลี่ยนแปลงทางปัญญาที่เกิดขึ้น นั้นเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาความพร้อมทางคณิตศาสตร์ของเด็กก่อนวัยเรียนที่ยังไม่เข้าใจความหมายของคำจำนวนมาก

Kaiser (2017, p. 376) ได้ศึกษาจาก กลุ่มการศึกษาหัวข้อที่ 1 (TSG 1) เกี่ยวกับแนวโน้มล่าสุดและความคืบหน้าทางการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในช่วงต้นซึ่งเป็นการกระตุ้นการอภิปรายที่หลากหลาย และช่วยให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับประเด็นที่สำคัญต่าง ๆ ด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ในวัยเด็กตามที่ระบุไว้ในขอบเขตการศึกษา รายงานการนำเสนอได้รับการจัดเป็นสี่ช่วง จุดเน้นระยะแรกของ TSG 1 คือ ด้านการเรียนรู้หลายรูปแบบ การให้ความหมายโดยนัย เช่น การอธิบายและการใช้สัญลักษณ์แทนความหมายของการเรียนรู้ที่มีหรือไม่มีเทคโนโลยี ผลงานนี้ได้กล่าวถึงสามประเด็นที่เป็นนวัตกรรมเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการศึกษาคณิตศาสตร์ในช่วงต้นซึ่งอาจเปลี่ยนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ชุดรูปแบบแรกกล่าวถึงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย (เวลา) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ซอฟต์แวร์เรขาคณิตแบบไดนามิก และโปรแกรมแบบมัลติทัชสำหรับการนับด้วยวิธีการเคลื่อนไหวทางกาย จะเน้นความสำคัญของการเคลื่อนที่ของวัตถุทางคณิตศาสตร์ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ ความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน ด้านที่สองเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (การจดจ่อ) มักอยู่นอกเหนือจากหลักสูตรเพราะสภาพแวดล้อมแบบดิจิทัลมีข้อจำกัดน้อยกว่า ประเด็นที่สามเกี่ยวกับตัวบ่งบอกการใช้งานในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการขยายสัญญาณในการใช้ปัญญาทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็ก

Ribner (2019, pp. 1-13) ได้ศึกษาผลของส่วนบริหารจัดการสมองที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนอนุบาล ซึ่งทักษะทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยเป็นตัวทำนายทักษะทางด้านวิชาการของเด็กในภายหลัง ศึกษาข้อมูลระยะยาวจากเด็ก จำนวน 12,082 คน โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองพัฒนาการ เพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนบริหารจัดการสมอง และแนวทางการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียนอนุบาล ผลการศึกษาพบว่า การสอนคณิตศาสตร์ที่บ่อยขึ้นเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนทุกคน และนักเรียนทำตามกติกาทางการเรียนรู้ อาจได้รับประโยชน์จากการสอน และเด็กที่มีส่วนบริหารจัดการสมองในระดับสูงจะเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลจากลักษณะการเรียนการสอนรูปแบบเดียวกัน

นอกจากนี้ส่วนบริหารจัดการสมองจะเปิดการเรียนรู้ของเด็กในชั้นอนุบาลเพื่อให้เด็กที่มีความสามารถในการวางแผนล่วงหน้า และการจัดการพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ เพื่อให้ได้รับประโยชน์จากการเรียนรู้มากกว่าผู้ที่มีระดับต่ำ

Gottfried and Kirksey (2019, pp. 309-320) การศึกษารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ของครูในห้องเรียนอนุบาลที่มีและไม่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์ และพฤติกรรมการเรียนร่วมของนักเรียนที่มีความบกพร่องในห้องเรียน การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่ห้องเรียนระดับอนุบาลที่มีและไม่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรม จากข้อมูลระดับชาติพบว่า หากพวกเขามีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรมอยู่ในห้องเรียน ครูจะใช้กิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิมมากขึ้น ผลการวิจัย ประการแรกพบว่าในห้องเรียนที่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรม มีความถี่ในการทำกิจกรรมคณิตศาสตร์แบบดั้งเดิม เกิดขึ้นระหว่างการมีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรมกับชุดของกิจกรรม และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การค้นพบครั้งที่สองของเราคือในห้องเรียนที่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรม ให้ความสำคัญกับทักษะเฉพาะสองอย่าง ได้แก่ การเขียนตัวเลขและคณิตศาสตร์เชิงปฏิบัติขั้นสูงมากขึ้นเมื่อเทียบกับห้องเรียนที่ไม่มีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์และพฤติกรรม

De Chambrier et al. (2021, p. 164) ได้ศึกษาผลการเสริมสร้างทักษะการคิดคำนวณของเด็กปฐมวัยผ่านกิจกรรมการเล่นทั้งที่บ้าน และที่โรงเรียน ซึ่งทักษะการคิดคำนวณขั้นต้นเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในอนาคต ซึ่งเป็นเหตุผลที่แนะนำให้เน้นไปที่การสอนการคิดคำนวณตั้งแต่วัยเริ่มต้น การเริ่มฝึกคิดคำนวณจากที่บ้านยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย การศึกษากึ่งทดลองครั้งนี้ใช้เวลา 12 สัปดาห์ ได้ทดสอบว่าการให้โปรแกรมช่วยเหลือผ่านกิจกรรมการเล่นที่ครูใช้กับเด็กอนุบาลสามารถเพิ่มทักษะการคิดคำนวณขั้นต้นได้หรือไม่ โดยกลุ่มทดลองได้รับการให้โปรแกรมช่วยเหลือผ่านกิจกรรมการเล่นที่ครูใช้กับเด็กอนุบาล และกลุ่มควบคุมได้รับการใช้เกมการคิดคำนวณจากครอบครัวที่จัดเตรียมให้ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กอนุบาล (อายุ 4–6 ปี) จำนวน 46 คน การทดลองขั้นแรกให้เล่นเกมเฉพาะที่โรงเรียนอนุบาล และครั้งที่สองเล่นเกมที่โรงเรียนและที่บ้านวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยการทดสอบก่อนและหลังทดลอง ผลการศึกษาพบว่าการเล่นเกมที่โรงเรียนทำให้เด็กสามารถเล่นเกมได้คะแนนเฉลี่ยสูงและสูงกว่าค่าเฉลี่ยของเด็กในกลุ่มควบคุมที่เล่นเกมที่บ้าน

ตอนที่ 2 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ปัจจุบันมีกลุ่มเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ ได้แก่ เด็กที่มีปัญหาการเรียนรู้ เด็กสมาธิสั้น เด็กออทิสติก และเด็กเรียนรู้ช้าหรือเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา ข้อมูลจากกรมสุขภาพจิต ระบุว่ามีเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้เหล่านี้ คิดเป็นจำนวนถึง 3.3 ล้านคน จากประชากรเด็กไทยที่อายุไม่เกิด 18 ปี ทั้งหมดประมาณ 16 ล้านคน กลุ่มคนที่มีความบกพร่องการเรียนรู้ แต่ไม่ได้มีปัญหาด้านสติปัญญานั้นเป็นกลุ่มที่น่าเป็นห่วง เพราะโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มีการคัดกรอง และจัดการเรียนการสอนและให้ความช่วยเหลือแก่เด็กกลุ่มนี้อย่างเหมาะสม ทำให้เด็กเหล่านี้ไม่ได้รับการเรียนรู้และการประเมินผลที่เหมาะสมตามศักยภาพ ส่งผลให้เด็กจำนวนไม่น้อยหลุดออกจากระบบการศึกษา และมีความเสี่ยงต่อการก่อปัญหาหรือ กระทำความผิดต่าง ๆ ได้มาก ซึ่งความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์จัดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย

2.1 ความหมายความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ผดุง อารยะวิญญู (2553) เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านด้านคณิตศาสตร์มีปัญหาในการนับเลข การทำความเข้าใจความหมายของจำนวน การคิดคำนวณพื้นฐาน และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้เด็กกลุ่มนี้มีปัญหา ในการเรียนคณิตศาสตร์ทุกเนื้อหาวิชา

พรรษชล ศรีอิสราพร (2553) ความบกพร่องในการคิดคำนวณ หรือดิสแคลคูเลีย (Dyscalculia) หมายถึง การบกพร่องทางการเรียนรู้ตลอดชีวิตในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ความบกพร่องของแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกัน และมีผลกระทบต่อบุคคลแตกต่างกันไปทั้งที่โรงเรียนและการใช้ชีวิต

กระทรวงศึกษาธิการ (2554, หน้า 2-3) ปัญหาทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่พบได้ในโรงเรียนทั่วไปจะมีความยากลำบากในเรื่องต่อไปนี้

1) ความคิดรวบยอดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เช่น เรื่องขนาด ความยาว น้ำหนัก ทิศทาง ตำแหน่ง รูปเรขาคณิต เวลา พื้นสัมผัส สี ลักษณะ เส้น การจำแนก การเปรียบเทียบ จัดหมวดหมู่ เรียงลำดับ จำนวน เป็นต้น

2) ระบบจำนวน เช่น คำ และความหมายของจำนวน ค่าประจำหลัก การกระจายจำนวนตามค่าประจำหลัก เป็นต้น

3) ขั้นตอนกระบวนการในการคิดคำนวณ เช่น ไม่สามารถจำ หรือเขียนสัญลักษณ์แทนการกระทำทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนในการบวก ลบ คูณ หาร การทด และการกระจายจำนวนในการลบ เป็นต้น

4) การนำทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การเรียงลำดับตามจำนวน การบอกความสัมพันธ์ของหน่วยการวัด เป็นต้น

5) การนับจำนวน การจำแนกตัวเลขจำนวนที่คล้ายคลึงกัน การบอกค่าของตัวเลขในจำนวนต่าง ๆ การอ่านจำนวนที่มีหลายหลัก

6) ภาษาคณิตศาสตร์ เช่น การบอกสัญลักษณ์ การบวก การเปรียบเทียบขนาด ตำแหน่ง ทิศทาง เวลา น้ำหนัก ส่วนสูง ความยาว เป็นต้น

7) ข้อเท็จจริงพื้นฐานของจำนวน เช่น ไม่เข้าใจว่า 7 น้อยกว่า 15 เป็นต้น

8) การบอกความเหมือน หรือความต่างกันของวัตถุสิ่งของรูปภาพจำนวนที่เท่ากันหรือต่างกัน

9) การเรียงลำดับจำนวนจากมากไปหาน้อยหรือน้อยไปหามาก

10) การเขียนตัวเลขกลับทิศทาง เช่น 6-9, 3-8, 1-7 และ12-21

11) การรับรู้ทางการได้ยินตัวเลข โจทย์และคำถามทางคณิตศาสตร์ ทำให้ตอบไม่ตรงคำถาม

12) การเขียนหลงบรรทัด

13) การใช้เส้นจำนวน

14) การนับเรียงวันใน 1 สัปดาห์ นับเรียงเดือนใน 1 ปี

15) การนับเพิ่มการนับลดครั้งละเท่า ๆ กัน

16) การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

17) การจำแนกรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ

18) การหาความสัมพันธ์ของแบบรูป เช่น แบบรูปที่เป็นรูปภาพ จำนวนสี สัญลักษณ์ เป็นต้น

19) การอ่านแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง กราฟ แผนผัง และทิศทาง

20) การหาเหตุผลเชิงปริมาณ

กระทรวงสาธารณสุข (2555, หน้า 3) ได้อธิบายความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ว่าเกิดจากเด็กขาดทักษะและความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลขการนับจำนวน การจดจำสูตรคูณ การใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถคิดหาคำตอบจากการบวก การลบ การคูณ การหาร ตามกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ได้

พชรมน เฮงตระกูล (2559, หน้า 318-319) เด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ เป็นเด็กที่มีความผิดปกติในเรื่องของกระบวนการทางจิตวิทยาทำให้เด็กมีปัญหาในด้านการใช้ภาษาทั้งการฟัง พูด อ่าน เขียน สะกดคำ และการคิดคำนวณ ซึ่งสาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้ต้องไม่ได้เกิดจากความบกพร่องทางร่างกาย ความบกพร่องทางสติปัญญา หรือเกิดจากการเสียเปรียบทางด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจ

มีสาเหตุมาจาก 3 ลักษณะ คือ การประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อมือ และสายตาทำให้เด็กเขียนหรือลอกตัวเลขไม่ถูกต้อง ความบกพร่องของการมองจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้เด็กเห็น และความบกพร่องในการทำความเข้าใจกฎเกณฑ์และความสัมพันธ์ระหว่างถ้อยคำในประโยค ทำให้มีปัญหาในการรวบรวมหรือจัดระบบความคิดเพื่อการสื่อสารทำให้เกิดความบกพร่องได้

ปิยพงศ์ แซ่ตั้ง (2560, หน้า 30) เด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้หรือเด็ก LD (Learning Disability) จัดเป็นเด็กที่มีความพิการตามพระราชบัญญัติการศึกษาสำหรับผู้พิการ พุทธศักราช 2551 ประเภทหนึ่งที่มีสิทธิ์ที่ได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐาน และมีความสอดคล้องกับความสามารถทางการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล จัดเป็นเด็กที่เสี่ยงต่อการถูกละเลยเพราะภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ อาจสังเกตเห็นได้ชัดเจนเมื่อเด็กเริ่มเรียนระดับชั้นประถมศึกษาทำให้มีความยากลำบากในการเรียนรู้ทั้งที่มีความสามารถทางสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือสูงกว่า ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของปัญหาด้านการอ่าน การเขียน และคณิตศาสตร์ เช่น อ่านหนังสือไม่ออก เขียนสะกดคำไม่ได้ ไม่สามารถแก้โจทย์เลขได้ เป็นต้น โดยความบกพร่องอาจมีเพียงด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้านร่วมกัน และความบกพร่องเหล่านี้ส่งผลให้เด็กมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าระดับสติปัญญาของเด็กที่มีอยู่จริง

ศูนย์พัฒนาสมองและศักยภาพ (2561) Dyscalculia หรือ Math Dyslexia คือ ความบกพร่องทางด้านคณิตศาสตร์ และการคิดคำนวณ ซึ่งเกิดจากการพัฒนาที่ผิดปกติของสมองส่วนที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านตัวเลข และคณิตศาสตร์ ผู้ที่มีอาการจะไม่สามารถแปลสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขได้ และมักประสบปัญหาในการคำนวณ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหาร เด็กที่มีอาการนี้จะสับสนเกี่ยวกับตัวเลข และสัญลักษณ์ ทำให้ไม่สามารถทำการบ้าน หรืองานที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร Dyscalculia มีสาเหตุมาจากความผิดปกติของการเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับทักษะด้านตัวเลขและการคำนวณ ทำให้การรับรู้และประมวลผลข้อมูลเป็นไปได้ยาก สัดส่วนของผู้ที่เป็นโรคพบประมาณ 3-6% ในโรงเรียน โดยสามารถพบได้ทั้งเพศชายและเพศหญิง

Myklebust (1960) อธิบายรูปแบบของความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ด้าน คือ 1) ความลำบากในการมองเห็น การฟัง และการจำแนกตัวเลข มักจะมาพร้อมกับความบกพร่องในการเขียนจำนวน 2) ความลำบากในการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบพื้นฐานของปัญหาและการดำเนินการแก้ปัญหา และ 3) ความลำบากในการเลือกและใช้สัญลักษณ์ เพื่อการคำนวณ การจัดหมวดหมู่บางอย่างเป็นจุดเริ่มต้นของการเปรียบเทียบความสามารถในการคำนวณกับความสามารถด้านความรู้ความเข้าใจอื่น ๆ เช่น ความสามารถทางการใช้ภาษา การรับรู้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความจำ การจัดหมวดหมู่อื่น ๆ จะขึ้นอยู่กับคำอธิบายของการขาดความสามารถต่าง ๆ ในภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้

Kulcsar (1978) ปัญหาการเรียนรู้สามข้อ คือ ความผิดปกติ (Discrepancy) ข้อจำกัด (Exclusion) และสาเหตุ (Etiology) อาจได้รับผลกระทบจากความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านการประมวลผลภาษา การประมวลผลภาพด้านมิติสัมพันธ์ การประมวลผลเสียง ความเร็วในการประมวลผลข้อมูล ความจำ ความใส่ใจ และการบริหารจัดการข้อมูล

Nabuzoka and Smith (1995) อธิบายความหมายของปัญหาด้านคณิตศาสตร์ว่า เด็กที่มีปัญหาด้านคณิตศาสตร์จะประสบปัญหาด้านการคิดที่เป็นเชิงปริมาณ การกะระยะวัตถุ หรือภาษาสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ด้านนี้ในชั้นเรียนต่ำกว่าปกติ ซึ่งเด็กที่มีปัญหาด้านการคำนวณ มักมีพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น ปัญหาในการอ่านเลขหลายหลัก ปัญหาในการจำแนกค่าตัวเลขบางตัว เขียนตัวเลขสลับจากหลังมาหน้า ขวามาซ้าย มีปัญหาในการลอกรูปทรงต่าง ๆ และแก้โจทย์ปัญหา

Ungureanu (1998, p. 263) ความล่าช้าทางการพัฒนาภาษาพูด การอ่าน การเขียน เลขคณิต หรือวิชาอื่น ๆ ของโรงเรียนที่ช้า เป็นผลมาจากความผิดปกติของจิตใจที่เกิดจากความผิดปกติทางสมองทางการเรียนรู้ อาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางอารมณ์หรือพฤติกรรม ซึ่งความผิดปกติในการเรียนรู้ต้องไม่ได้เกิดจากความพิการทางจิต ความบกพร่องทางประสาทสัมผัส หรือปัจจัยทางวัฒนธรรม และการเรียนการสอน

Ardila และ Rosselli (2002) ความสัมพันธ์ระหว่างความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และความผิดปกติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความบกพร่องสามารถจำแนกได้ในประเภทต่อไปนี้:

1) ความบกพร่องทางมิติสัมพันธ์เชิงพื้นที่

2) ความบกพร่องทางการมองเห็น

3) ความบกพร่องทางการดำเนินงานทางคณิตศาสตร์

4) ความบกพร่องทางการเคลื่อนไหวในการเขียนแสดงตัวเลข

5) ความบกพร่องทางการนับและเหตุผล

6) ความบกพร่องทางการการท่องจำตัวเลข

7) หลีกเลี่ยงปัญหาและการแก้ปัญหา

DSM IV (2000) Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders fourth edition (DSM IV) คู่มือการวินิจฉัยและสถิติสำหรับความผิดปกติทางจิตได้กล่าวถึงความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เช่น การคิดคำนวณที่เป็นขั้นตอนสลับซับซ้อน หรือการแก้โจทย์ปัญหาอย่างง่ายก็ตาม เนื่องจากการคิดคำนวณเกี่ยวข้องกับการจำจำนวนและสัญลักษณ์ ได้แก่ การจำสูตรคูณ การเรียงลำดับจำนวน และความเข้าใจความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรม เช่น หลักการต่าง ๆ ของภาพจำนวน และเศษส่วน สิ่งเหล่านี้อาจเป็นเรื่องยากมากสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางด้านการคิด

คำนวณทั้งนี้ปัญหากับจำนวน และความคิดรวบยอดหรือหลักการ พื้นฐานทางคณิตศาสตร์นั้นมีแนวโน้มที่จะปรากฏให้เห็นเด่นชัดในช่วงต้นของการเรียน และความบกพร่องที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนส่วนสูงมักจะเกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

Berch (2005, p. 334) ได้สรุปความซับซ้อนของการเชื่อมต่อคำนิยามการทำงานของความรู้สึกตัวเลขในบทความของเขาเกี่ยวกับหัวข้อที่เหมาะสมที่ทำให้รู้สึกถึงจำนวน ความหมายของเด็กที่มีความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ คือ มีความรู้สึกจำนวนอย่างเห็นได้ชัดอนุญาตให้หนึ่งเพื่อให้บรรลุทุกอย่างจากการทำความเข้าใจความหมายของตัวเลขในการพัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน จากการทำเปรียบเทียบขนาดอย่างง่ายต่อการคิดค้นขั้นตอนการดำเนินการเชิงตัวเลข และจากการรับรู้ข้อผิดพลาดของตัวเลข โดยรวมในการใช้วิธีเชิงปริมาณสำหรับการสื่อสารการประมวลผล และการตีความข้อมูล

Jordan (2009, p. 2) ความสามารถทางด้านจำนวน ความสามารถในการคิดเลขทั่วไปและความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่สะท้อนให้เห็นในขั้นตอนการนับที่มีพัฒนาการไม่เหมาะสมการเรียกข้อมูลที่ช้า และการคำนวณที่ไม่ถูกต้องของเด็กที่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความชำนาญในการผสมผสานหมายเลขจะเชื่อมโยงกับความรู้ด้านพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความลำบากในการจดจำข้อเท็จจริงเลขคณิต โดยไม่เข้าใจวิธีการรวมกัน (เช่น 3 +2, 2 + 3, 5-2 และ 5-3) การนับอย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพช่วยให้การเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์กับจำนวนของเด็ก ทำให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างปัญหากับแนวทางแก้ไขของตน และลดความจำเป็นในการท่องจำพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ที่บกพร่อง เป็นรูปแบบที่รุนแรงของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นที่มาของความบกพร่องทางสติปัญญาในโดเมนที่เฉพาะเจาะจงในความรู้ด้านจำนวนมากกว่าการขาดดุลโดเมนทั่วไปในหน่วยความจำการประมวลผลด้านมิติสัมพันธ์ หรือเด็กที่มีภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์แสดงจุดอ่อนที่เฉพาะเจาะจงในการจำแนกและเปรียบเทียบจำนวนรวมทั้งในการนับและนับเลขที่เป็นชุด

Association (2013, p. 208) ได้อธิบายว่าความบกพร่องทางด้านคณิตศาสตร์ เป็นความบกพร่องทางการคิดคำนวณที่เป็นขั้นเป็นตอนสลับซับซ้อน หรือแม้ว่าจะเป็นการแก้โจทย์คณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ ก็ตาม เนื่องจากการคิดคำนวณเกี่ยวข้องกับการจดจำจำนวนและสัญลักษณ์ ได้แก่ การจำสูตรคูณ การเรียงลำดับจำนวน และยังเกี่ยวข้องกับความเข้าใจ ความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรม เช่น หลักการต่าง ๆ ภาพของจำนวนและเศษส่วน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจเป็นเรื่องยากมากสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางด้านการคิดคำนวณ

Organization (2016) อธิบายความผิดปกตินี้ว่าเป็นการบกพร่องเฉพาะด้านทักษะทางคณิตศาสตร์ ที่ไม่ได้มีการบ่งชี้แน่ชัดบนพื้นฐานของความบกพร่องทางสติปัญญาทั่วไป หรือมีการศึกษามากพอ ในลักษณะเกี่ยวข้องกับความผิดปกติของพัฒนาการเฉพาะทางของทักษะการศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ที่ต่ำ ทำให้ความกังวลทางความบกพร่องทางการเรียนรู้ทักษะพื้นฐานการคำนวณ บวก ลบ คูณ หาร มีมากกว่าทักษะทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของ พีชคณิต ตรีโกณมิติ เรขาคณิต หรือแคลคูลัส

DSM V. (2016) Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders fifth edition (DSM V.) ได้นิยามใหม่ว่า ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งในประเภทย่อยของ "โรคทางการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจง" นั่นคือความผิดปกติของระบบประสาทที่ขัดขวางความสามารถในการเรียนรู้ หรือการใช้ทักษะทางวิชาการที่เฉพาะทาง ซึ่งปรากฏอาการดังต่อไปนี้ ลำบากในการควบคุมความรู้สึกข้อเท็จจริงทางตัวเลข หรือการคำนวณ (เช่น มีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลข ความสำคัญ และความสัมพันธ์ที่ไม่เหมาะสมกับวัยของพวกเขา อาจนับนิ้วเพื่อเพิ่มตัวเลขเพียงตัวเดียว) ปัญหาเกี่ยวกับเหตุผลทางคณิตศาสตร์ (เช่น มีความยากลำบากในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ข้อเท็จจริง หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาทาคณิตศาสตร์)

ความบกพร่องด้านการคิดคำนวณ หมายถึง อาการบกพร่องทางการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งซึ่งมีผลต่อความสามารถในการทำความเข้าใจ หรือการจัดการตัวเลข และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ อาการบ่งชี้ความบกพร่องด้านการคิดคำนวณอาจแสดงออกได้หลายรูปแบบ แต่อาการที่พบเห็นได้ทั่วไป ได้แก่ มีความสับสนเกี่ยวกับสัญลักษณ์ระหว่างเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์กับตัวแปร “x” มีปัญหาเกี่ยวคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน เช่น การตรวจสอบเงินทอน การดูนาฬิกาแบบเข็ม การบอกซ้ายขวา การอ่านลำดับตัวเลขตามค่า และการบอกความแตกต่างระหว่างตัวเลข (เช่น 12 กับ 21)

2.2 สาเหตุของความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ (2560, หน้า 9) สาเหตุของความบกพร่องทางการเรียนรู้เกิดจาก 3 สาเหตุหลัก ได้แก่ ประการที่หนึ่งการได้รับบาดเจ็บทางสมองซึ่งอาจจะเป็นการได้รับบาดเจ็บก่อนคลอด ระหว่างคลอด หรือหลังคลอดก็ได้ ซึ่งการบาดเจ็บนี้ทำให้ระบบประสาทส่วนกลางไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ ประการที่สองความบกพร่องทางพันธุกรรมที่มาจากพ่อ แม่ พี่น้อง แฝด หรือญาติที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ เช่น ปัญหาด้านการอ่าน การเขียน การเข้าใจภาษา ซึ่งสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ ประการที่สาม สภาพแวดล้อม มลพิษในสิ่งแวดล้อมสารเคมี ยารักษาโรค หรือการขาดสารอาหารบางอย่างในวัยทารกและวัยเด็ก การสอนที่ไม่มีประสิทธิภาพของครูตลอดจนการขาดโอกาสทางการศึกษาก็ส่งผลให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ได้

ศูนย์พัฒนาสมองและศักยภาพ (2561) Dyscalculia มีสาเหตุมาจากความผิดปกติของการเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับทักษะด้านตัวเลขและการคำนวณ ทำให้การรับรู้ และประมวลผลข้อมูลเป็นไปได้ยาก ความบกพร่องนี้เกิดจากความผิดปกติของสมองส่วน Intraparietal Sulcus ส่งผลให้ทักษะด้านอื่น ๆ เสื่อมลงไปด้วย เช่น ความจำที่ใช้ในการทำงาน (Working Memory) ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) ทักษะการวางแผน (Planning) ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)

DSM IV TR (2000, p. 53) Diagnostic and statistical manual of mental disorders, text revision (DSM IV TR) กล่าวว่า องค์ประกอบสำคัญของโรคนี้คือความบกพร่องในการพัฒนาทักษะทางการคำนวณ และไม่ได้เกิดจากความบกพร่องทางสติปัญญา การศึกษา หรือการได้ยินหรือการมองเห็น การวินิจฉัยจะได้รับเฉพาะเมื่อความบกพร่องนี้มีผลกระทบทางการเรียนรู้ประสิทธิภาพการทำงาน หรือกิจกรรมประจำวันที่ต้องใช้ทักษะเลขคณิต

Menon (2016, pp. 125-132) ความจำขณะทำงาน (Working Memory: WM) มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กหน่วยความจำขณะทำงาน มีอิทธิพลทั้งระยะเริ่มแรกของการเรียนรู้เรื่องการคำนวณและการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในภายหลัง บทบาทองค์ประกอบของหน่วยความจำขณะทำงานแต่ละส่วนในการรับรู้ทางคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างในความสามารถทางคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคล นอกจากนี้การมีส่วนร่วมของแต่ละองค์ประกอบของหน่วยความจำขณะทำงาน เปลี่ยนไปแบบไดนามิก โดยการพัฒนาด้วยกระบวนการทางด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งบทบาทสำคัญมากขึ้นในการเรียนรู้และเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยจากการศึกษาเกี่ยวกับระบบประสาทศึกษาให้ข้อมูลเชิงลึกพื้นฐานเกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างความจำขณะคิด กับความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และกลไกที่ หน่วยความจำขณะทำงานบกพร่องก่อให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ หลักฐานแสดงให้เห็นว่าทักษะทางด้านมิติสัมพันธ์ และความจำขณะคิด เป็นจุดอ่อนที่เฉพาะเจาะจงสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาว่าเป็นส่วนประกอบสำคัญในโมเดลทางประสาทวิทยาและการพัฒนาของการได้มาซึ่งทักษะทางคณิตศาสตร์ทั่วไปและผิดปรกติ

ส่วนประกอบของหน่วยความจำขณะคิดที่บกพร่องในเด็ก Dyscalculia และตรวจสอบบทบาทของพวกเขาใน modulating การตอบสนองของสมองต่อการแก้ปัญหาเชิงตัวเลข เด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการคำนวณ มีการขาดดุลที่เฉพาะเจาะจงในด้านมิติสัมพันธ์ของหน่วยความจำขณะทำงาน นอกเหนือจากการขาดดุลทางประสิทธิภาพในด้านการคำนวณกระตุ้นการเปิดใช้งานในร่องภายในสมองกลีบข้าง (Intraparietal Sulcus: IPS) และ Dorsolateral Prefrontal Cortex และ Ventrolateral Prefrontal Cortices มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถของหน่วยความจำขณะทำงาน โดยปกติเด็กพัฒนา แต่ไม่มีความสัมพันธ์ดังกล่าวในเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการคำนวณ ผลนี้แสดงให้เห็นว่าเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการคำนวณ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลของหน่วยความจำขณะทำงานอย่างเหมาะสมในระหว่างการแก้ปัญหา ในการค้นพบเบื้องต้นที่หลักฐานที่มีอยู่ชี้ไปที่ร่องภายในสมองกลีบข้าง เป็นตำแหน่งทั่วไปของการขาดดุลของความจำในการรับรู้จากการมองเห็น-มิติสัมพันธ์ (Visual-Spatial Working Memory) เพื่อจำและทำ

ความเข้าใจกับสิ่งที่เห็น และการแก้ปัญหาการถดถอยทางคณิตศาสตร์ในเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการคำนวณบนพื้นฐานของการค้นพบเหล่านี้และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3 ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

Hranitz (1985, p. 12) นักวิจัยการศึกษาด้านการแพทย์และสาขาที่เกี่ยวข้องยังคงค้นพบสิ่งใหม่ ๆ เกี่ยวกับการทำงานของสมอง หรือการทำงานผิดปกติ ความหมายของการศึกษาด้านปัญญาว่าเด็กเล็กมีกระบวนการเรียนรู้อย่างไร เปรียบเทียบกับบรรดานักการศึกษา เช่น Maria Montessori Jerome Bruner และ Jean Piaget นักวิจัยเหล่านี้เห็นการเติบโตและการพัฒนาเป็นลำดับขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพที่สืบทอดจากการเจริญเติบโตและประสบการณ์ การวิจัยทางสมองได้ข้อสรุปดังนี้ 1) ไม่มีพื้นที่ใดของสมองสามารถทำงานได้เพียงลำพัง 2) บุคคลสร้างและเชื่อมโยงความหมายต่าง ๆ เข้ากับประสบการณ์ที่คล้ายคลึงกัน 3) สมองเจริญ เติบโตได้ดีขึ้น 4) สมองตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ 5) สมองสามารถสร้างระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสนามธรรมได้อย่างประณีต และ 6) สมองมีส่วนเกี่ยวข้องกับโลกอย่างเป็นระบบ บทบาทของครูตามแนวทาง คือ ยึดเด็กเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ส่งเสริมให้เด็ก ๆ ใช้เสรีภาพที่มีสำหรับตนเอง สังเกตเด็กเป็นระยะเพื่อเตรียมสภาพแวดล้อมที่ดีที่สุด ตระหนักในช่วงการเรียนรู้เร็วของเด็ก และภารกิจหลักของครูคือการหาวิธีการเบี่ยงเบนลักษณะนิสัยที่ไม่พึงประสงค์ของเด็ก

Dehaene and Cohen (1995) โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม เกี่ยวกับการประมวลผลเชิงตัวเลขเกี่ยวข้องกับการเป็นตัวแทนทางจิตใจสามประเภท: รูปแบบสัญลักษณ์สองรูปแบบซึ่งตัวเลขจะแสดงเป็นคำ (เช่น สาม) และเลขอารบิค (เช่น 3) และระบบอะนาล็อกที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ซึ่งแสดงตัวเลขเป็นขนาด (ปริมาณ) รูปแบบการทำงานทั้งสามนี้ถูกมองว่าแยกจากกัน แต่เชื่อมโยงกันและเป็นหลักการที่สำคัญในพัฒนาการทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น ดังนั้นหากเกิดการบกพร่องในการพัฒนาใด ๆ ของรูปแบบทั้งสาม (คำพูดแทนจำนวน เลขอารบิค, เปรียบเทียบขนาด) หรือเกิดปัญหาการเรียนรู้การเชื่อมโยงระหว่างกัน อาจนำไปสู่ความบกพร่องด้านการคำนวณ

Hyde (2011, pp. 1-2) สมองมีระบบอย่างน้อยสองระบบสำหรับแทนตัวเลขที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ ระบบเหล่านี้เป็นตัวแทนจำนวนในรูปแบบที่แตกต่างกัน ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) เป็นระบบที่สนับสนุนการประมาณค่าขนาดของวัตถุเป็นกลุ่มโดยไม่ต้องอาศัยภาษาหรือสัญลักษณ์ จะเข้ารหัสการประมาณค่าที่ไม่แน่นอนของค่าตัวเลขหรือ ขนาดของข้อมูลจำนวนมากของชุดวัตถุ สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบและประมวลผลรวมค่าที่เป็นตัวเลขได้ ระบบนี้ใช้การการประมาณค่าสัญลักษณ์ในใจเพื่อสรุปชุดข้อมูลตัวเลข เป็นสัญชาตญาณพื้นฐานในการประเมินจำนวนที่มีอยู่ในมนุษย์และสัตว์อีกหลายชนิด ซึ่งตรงข้ามกับระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System) เป็นการประมาณสัญลักษณ์ของกลุ่มตัวเลขขนาดเล็ก (<4) ระบบนี้ใช้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเวลาและเชิงพื้นที่ในการเริ่ม เป็นระบบที่แน่นอนและ

เข้ารหัสเชิงตัวเลขที่แน่นอนของแต่ละรายการ แม้ว่าไม่ใช่ตัวเลขตามปกติ แต่รูปแบบเหล่านี้มีเนื้อหาที่แทนเป็นตัวเลขโดยการประมวลผลข้อมูลเกี่ยวกับอัตลักษณ์เชิงตัวเลข รายการข้อมูลที่เก็บไว้ในใจสามารถเทียบได้บนพื้นฐานกับวัตถุที่มองเห็นได้เพื่อตรวจจับการจับคู่แบบตัวเลขว่าตรงกันหรือไม่ตรงกัน ซึ่งระบบปัจเจกคู่ขนาน (PIS) จะทำงานเฉพาะเมื่อต้องประมวลผลชุดที่มีจำนวนน้อย (1-3 หรือ 4) และระบบจำนวนเชิงประมาณการ (ANS) จะทำงานเฉพาะเมื่อต้องประมวลผลชุดที่มีวัตถุจำนวนมาก ซึ่งรูปแบบการทำงานนี้จะเรียกว่า "มุมมองสองระบบ

งานทางประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiological) และสร้างภาพสมอง (Neuroimaging) ยังชี้ให้เห็นว่าระบบประสาทที่แตกต่างกันและเอกลักษณ์พฤติกรรมที่เกิดขึ้นทั้งสองระบบเกิดขึ้นจากบริเวณสมองที่แตกต่างทางกายวิภาค เช่น การใช้

Barnard Health Care (2017) โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) หมายถึง รูปแบบทางประสาทวิทยาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจของการประมวลผลตัวเลข ระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกตางกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน มี 3 ด้าน ได้แก่

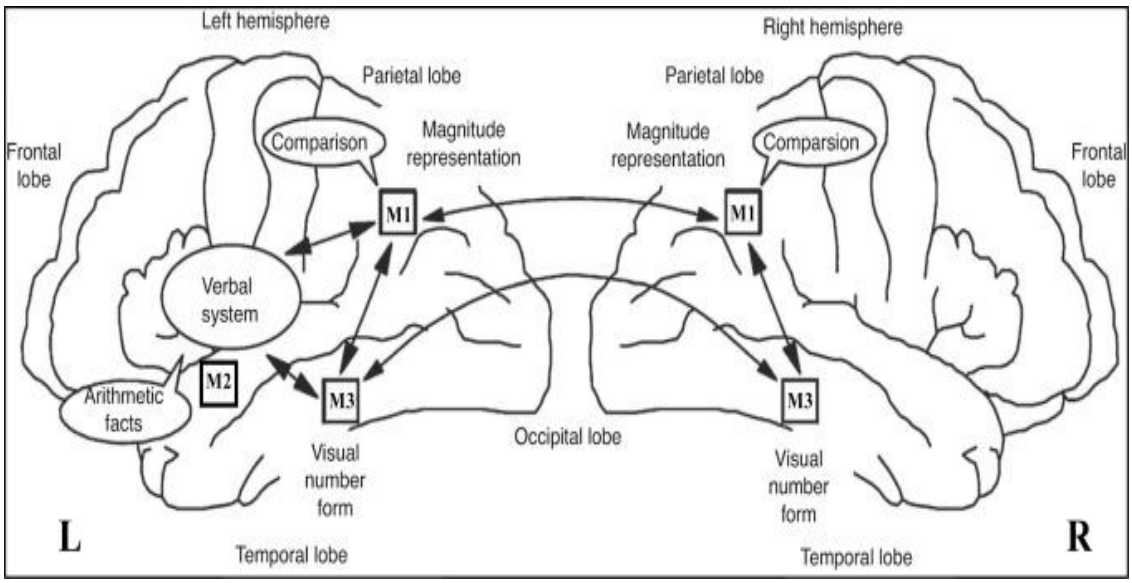
1) ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) อยู่ในเยื่อหุ้มสมองต่ำกว่าข้างขม่อมของสมองทั้งสองซีก มีการใช้ภาพแสดงขนาดของปริมาณตัวภายในระบบที่สามนี้เท่านั้นที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่เราคิดว่าเป็นความหมายหรือความรู้สึกของตัวเลขซึ่งแสดงถึงปริมาณขนาด ดังนั้นการเปรียบเทียบและข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เช่น หมายเลขหนึ่งมีจำนวนน้อยกว่า หรือมากกว่าอีกหมายเลขหนึ่ง จะเกิดขึ้นงานภายในระบบนี้เท่านั้น ระบบนี้ยังสนับสนุนการประมาณซึ่งต่างจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ

2) ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) อยู่ในบริเวณสมองซีกซ้ายมีหน้าที่รับผิดชอบในการรับรู้และการประมวลผลของคำพูดหรือเขียนตัวเลข และ ดำเนินการผ่านการแสดงคำที่เกี่ยวกับจำนวน ระบบนี้ยังเก็บข้อมูลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนรู้ เช่น ข้อเท็จจริงที่ถูกจดจำจากการบวก และตารางการคูณ

3) ด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) อยู่ในบริเวณท้ายทอยด้านซ้ายของสมองซีกซ้าย มีหน้าที่ในการรับรู้ตัวเลขและประมวลผลข้อมูลตัวเลข ระบบนี้แสดงตัวเลขในรูปแบบตัวเลขอารบิก เป็นการนำตัวเลขหลาย ๆ ตัวมารวมกันเข้าเป็นการประมวลผลเป็นข้อมูลตัวเลขหลายหลัก

Malone (2019, pp. 1-9) รูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม **(**Triple Code Model) ของพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นขึ้นอยู่กับการเรียนรู้เชื่อมโยงระหว่างการแทนค่าที่ไม่ใช่คำพูดของปริมาณเชิงเปรียบเทียบ (Representations of Magnitude) และวาจาเชิงสัญลักษณ์ แทนตัวเลขเป็นคำพูด (Number Words) และการแทนจำนวนด้วยสัญลักษณ์ตัวเลข (Representations of Number) การเรียนรู้ 4 ทักษะที่เชื่อมโยงกันและกระบวนการที่หลากหลายในการประเมินทาง

คณิตศาสตร์ก่อนหน้า (การเปรียบเทียบขนาดและการเขียนตัวเลขคณิตศาสตร์) และทักษะการอ่าน (ความรู้เสียง-ตัวอักษร) รูปแบบการทำงานแสดงให้เห็นว่าจับคู่ การเรียนรู้เชื่อมโยงงานการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความคิดขนาดเชิงเปรียบเทียบ หรือสิ่งเร้าทางสายตาสามารถทำนายประสิทธิภาพทางคณิตศาสตร์ได้มากกว่าและสูงกว่าตัวทำนายอื่น ๆ ความสัมพันธ์นี้มีความเฉพาะเจาะจงกับคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับ โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) เน้นว่าการทำแผนที่ระหว่างการแสดงขนาดเชิงเปรียบเทียบ และรูปแบบสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกัน (ทางวาจาและภาพ) มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 2-1 แสดงโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม เกี่ยวกับการประมวลผลเชิงตัวเลข จาก Evaluation of the Triple Code Model of numerical processing-Reviewing past neuroimaging and clinical findings, โดย Siemann and Petermann, 2018, Research in Developmental Disabilities, 72, 108. Copyright 2018 โดย Elsevier.

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ มีดังนี้

เด็กเล็กสามารถรับมือกับความยากในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ ครูมีส่วนสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่ออำนวยความสะดวกทางการเรียนรู้ให้เด็ก ๆ ปัญหาความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์สามารถแก้ไขได้หากครูสร้างความสัมพันธ์กับเด็กในชั้นเรียน วิธีที่ใช้ แก้ปัญหาที่เหมาะสม ช่วยให้เด็กเข้าถึงศักยภาพของตนเองในการเรียนรู้คณิตศาสตร์

จุฬามาศ จันทร์ศรีสุคต, อัญชลี สารรัตนะ, วัลลภา อารีรัตน์ และสมพร หวานเสร็จ (2554, หน้า 59) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีภาวะ

เสี่ยงต่อการเกิดความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีภาวะเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 48 คน ผู้ปกครองจำนวน 48 คน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 คน และผู้บริหารโรงเรียนจำนวน 8 คน การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) การพัฒนาระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ 2) การพัฒนากลไกของระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ และ 3) การยืนยันประสิทธิผลของระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า

1) ระบบช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ มี 3 องค์ประกอบ คือ (1) การคัดแยก (2) การช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ และการติดตามความก้าวหน้า และ (3) การประเมินผลทางการเรียนรู้

2) กลไกของระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยเครื่องมือ 5 รายการ ดังนี้ (1) แบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนปกติ และแผนการจัดการเรียนรู้เสริมคณิตศาสตร์
(3) แบบทดสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (4) แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ และ (5) แบบวัดความเชื่อมั่นในตนเองในวิชาคณิตศาสตร์

3) ประสิทธิผลของการใช้ระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ พบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนภายหลังการทดลองในด้านความความสามารถทางคณิตศาสตร์ ด้านความคงทนในการเรียนรู้ และด้านความเชื่อมั่นในตนเองในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์คงทน และความเชื่อมั่นในตนเองในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทุกด้านสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

สาวิตรี จุ้ยทอง มารุต พัฒผล และวิชัย วงษ์ใหญ่ (2558, หน้า 122) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งศึกษาจากเอกสารงานวิจัย และการวิจัยภาคสนาม โดยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาพิเศษ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูล แบบสัมภาษณ์เชิงลึกจากการบันทึกภาคสนาม และแบบสังเกตพฤติกรรม ผลการศึกษา พบว่า เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทาง คณิตศาสตร์เป็นความบกพร่องทางกระบวนการพื้นฐานทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจหรือการใช้ภาษา แสดงออกถึงความบกพร่องทางการพูด ฟัง คิด อ่าน เขียนและการคิดคำนวณ

ทางคณิตศาสตร์ ที่มีมาจากความบกพร่องของสมอง ทำให้มีผลการเรียนต่ำ โดยแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่อย่างหลากหลาย เพื่อให้เด็กเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับความสนใจ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จากง่ายที่สุดไปสู่กิจกรรมที่ความซับซ้อนมากขึ้น 3) สร้างความเชื่อมั่นในตนเองให้กับเด็ก และช่วยส่งเสริมให้พัฒนาความสามารถที่มีอยู่ 4) ใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้เด็กได้เรียนรู้โดยการสัมผัส การสังเกต การฟัง และการเคลื่อนไหวร่างกาย 5) ใช้คำสั่งซ้ำ สั้น กระชับ เข้าใจง่าย 6) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล 7) จัดกิจกรรมการเรียนรู้เสริมแรงให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ 8) กระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้แบบช่วยเหลือเกื้อกูลกัน ระหว่างเด็กปกติกับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ 9) สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่มีความสุข 10) ประเมินผลตามสภาพจริง และ ให้ผลสะท้อนกลับทันทีโดยวิธีให้กำลังใจ และการชื่นชมในความสำเร็จ

Khodami et al. (2013, pp. 24-27) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนการฝึกอบรมกับอภิปัญญาการฝึกอบรมเรื่องการปรับปรุงผลการดำเนินงานด้านการศึกษาของอิหร่านของระดับประถมศึกษาที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวางแผนการฝึกอบรมกับการฝึกอบรมด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการศึกษาของชาวอิหร่านระดับประถมศึกษาที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในเด็กนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 20 คน การแทรกแซงได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเครื่องมือที่ใช้ทดสอบทางจิตวิทยาประสาท (A Developmental Neuropsychological Assessment: NEPSY) การทดสอบระดับสติปัญญาสำหรับเด็ก (Wechsler Intelligence Scale for Children) การทดสอบ KEY MATH Test และการทดสอบสมรรถนะทางวิชาการ (Academic Performance Test) การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (The Analysis of Covariance) ผลการศึกษาพบว่า การฝึกด้านความรู้ทางปัญญามีประสิทธิภาพมากกว่าการวางแผนการฝึกอบรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การตรวจสอบความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ใช้ DSM-IV-R จากนั้นแบ่งนักเรียนตามผลการสอบของ KEY MATH ให้เป็น 3 กลุ่มและทุกกลุ่มที่มีสมาชิก 10 คน (กลุ่มทดสอบ 2 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม) ผลการวิจัยพบว่าทั้งการฝึกอบรมสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้รับการพัฒนาทางการเรียนรู้ ระหว่างการฝึกอบรมการวางแผนและการฝึกอบรมอภิปัญญา ผลงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าเด็กบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อการฝึกตามคำแนะนำทางกระบวนการทางปัญญาจะมีการเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหาและใช้ทักษะความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา นอกจากการใช้เครื่องมือทดสอบที่มี

มาตรฐาน ยังสามารถประเมินและค้นหาเด็ก ๆ ที่ตกอยู่ในความเสี่ยงการเรียนรู้ เพื่อวางแผนโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับพวกเขา

Ferreira (2016, pp. 487-500) ได้ศึกษาการพัฒนาความบกพร่องทางปัญญาในโรงเรียนอนุบาลผ่านการเล่นบทบาทสมมติ การศึกษานี้ได้สำรวจว่าเด็กที่มีความบกพร่องด้านสติปัญญามีส่วนร่วมในกิจกรรมกับเพื่อน ๆ ผ่านการเล่นบทบาทสมมติและผลของการพัฒนาเป็นอย่างไร โดยการวิเคราะห์จากวิดีโอที่บันทึกในช่วงเวลากิจกรรมการเล่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุว่าแบบแผนกฎพฤติกรรมถูกสร้างและดำเนินการระหว่างเพื่อนที่มีความแตกต่างกันด้านพัฒนาการ ที่สำคัญวิธีการใช้กรอบทฤษฎีเครือข่ายความหมายและการวิเคราะห์ทางพันธุกรรมขนาดเล็ก ผลการวิจัยพบสามองค์ประกอบที่สำคัญ 1) การแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการควบคุมการเคลื่อนไหว 2) การปรับปรุงรูปแบบและพัฒนาการการเล่นผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ 3) ความบกพร่องทางสติปัญญาไม่มีผลในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมในการเล่นบทบาทสมมติ

Schwenk et al. (2017, pp. 152-167) ได้ศึกษาการแทนค่าขนาดสัญลักษณ์และไม่ใช่สัญลักษณ์ ทดสอบโดยการเปรียบเทียบตัวเลข หรือจุด ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการพัฒนาทักษะทางการคิดคำนวณ การเปรียบเทียบผลการศึกษาในระยะยาว ถือว่าเป็นจุดเด่นของความแม่นยำของการแสดงระดับแบบแผนความคิด (Comparison Distance Effect: CDE) แสดงให้เห็นว่า ขนาดตัวอักษรสองตัวนั้นที่ตัวเลขมีขนาดไม่เท่ากัน ส่งผลต่อการตัดสินใจบอกความแตกต่างของค่าจำนวนในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Mathematical Difficulties: MD) การค้นพบเชิงประจักษ์เกี่ยวกับ CDE ในเด็กที่เป็น MD นั้นต่างกัน และมีเพียงไม่กี่การศึกษาเท่านั้นที่ประเมินทั้งทักษะเชิงสัญลักษณ์และไม่เป็นสัญลักษณ์ การวิเคราะห์เมตาดาต้านี้จึงรวม 44 ข้อบ่งชี้ และ 48 ผลลัพธ์การตอบสนองที่ไม่เป็นสัญลักษณ์ (Response Time: RT) ในรายงาน 19 ฉบับ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,630 คน มีอายุระหว่าง 6-14 ปี สรุปผลการศึกษาโดยไม่ได้ ใช้อายุ คะแนนเชาวน์ปัญญาและทักษะการอ่าน มาเป็นข้อจำกัด ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการตอบสนองต่อการเปรียบเทียบขนาดของสัญลักษณ์ สามารถคัดกรองแยกระหว่างเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์และเด็กที่ไม่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้ดีกว่างานที่ไม่เป็นสัญลักษณ์ ซึ่งสนับสนุนสมมติฐาน นอกจากนี้การแสดงระดับแบบแผนความคิด (CDE) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเด็กที่มี MD และเด็กปกติ แต่ความเร็วของการประมวลผลขนาดสัญลักษณ์พิสูจน์ให้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และควรเป็นส่วนสำคัญของการแทรกแซงที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนเด็กที่มีความบกพร่องในการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ความสัมพันธ์ระหว่างระบบตัวเลขโดยประมาณและเลขคณิตต้น: บทบาทการไกล่เกลี่ยของความรู้เชิงตัวเลข

Peng (2017, p. 111) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) และเลขคณิตพื้นฐาน: บทบาทการสร้างสื่อสัมพันธ์ของความรู้

ทางการคิดคำนวณ การตรวจสอบว่าระบบจำนวนเชิงประมาณการ (ANS) เกี่ยวข้องกับการคำนวณของเด็กในโรงเรียนอนุบาลและกลไกที่อยู่ภายใต้ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ทางการคำนวณมีความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่าง ANS กับเลขคณิต หลังจากการควบคุมตัวแปรทางปัญญา ผลการวิจัยพบว่า ANS มีความสัมพันธ์กับค่าเลขคณิตช่วงเริ่มต้น (r = .36 - .37) หลังจากการควบคุม อายุ ไอคิว ความสนใจ หน่วยความจำขณะทำงาน การประมวลผลทักษะด้านมิติสัมพันธ์ และการควบคุมตนเอง (k2 = .09) ในความสัมพันธ์ระหว่าง ANS และเลขคณิต ผลการวิจัยบอกถึงความสำคัญของ ANS ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้นและสนับสนุนสมมติฐานการการสร้างสื่อสัมพันธ์ของความรู้ทางการคิดคำนวณ นั่นคือความรู้ทางการคิดคำนวณ มีบทบาทสำคัญกว่าการประมวลผลทักษะด้านมิติสัมพันธ์ และการควบคุมตนเอง ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ANS และการคำนวณทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน

ตอนที่ 3 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ศูนย์วิชาการแฮปปี้โฮม (มปป.) เป็นสถานพยาบาลที่ให้บริการทางการแพทย์ในขอบเขตงานเฉพาะทางด้านจิตเวชเด็กและวัยรุ่น (Child & Adolescent Psychiatry) ได้กล่าวว่า การคัดกรอง (Screening) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่สามารถค้นหาปัญหาและช่วยแก้ไขได้อย่างทันท่วงที เป็นกิจกรรมแรกที่ควรลงมือปฏิบัติการคัดกรองปัญหาการเรียนในเด็ก ทำเพื่อแยกเด็กออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปกติ กลุ่มเสี่ยง และกลุ่มป่วย หลังจากนั้นให้วางแผนการดูแลช่วยเหลือที่เหมาะสมกับเด็กแต่ละกลุ่ม เด็กกลุ่มปกติเน้นการส่งเสริมสุขภาพจิต เด็กกลุ่มเสี่ยงเน้นการดูแลช่วยเหลือแต่เริ่มแรก สอนเสริมในความรู้และทักษะด้านที่เป็นปัญหา และเด็กกลุ่มป่วย เน้นการดูแลช่วยเหลือที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาและอาการของโรคการคัดกรองสามารถทำได้ทั้งที่ไม่เป็นรูปแบบ และเป็นรูปแบบ หรือทำควบคู่กัน

การคัดกรองที่ไม่เป็นรูปแบบ คือ ให้ครูสังเกตพฤติกรรมเด็กในห้องเรียน ว่ามีความยากลำบากในการเรียนอย่างไรบ้างเมื่อเทียบกับเพื่อนในห้องเดียวกัน เช่น จดงานไม่เสร็จ เขียนสะกดผิดมาก ลายมืออ่านไม่ออก นั่งคุย ไม่สนใจเรียน อ่านหนังสือไม่คล่อง ไม่ส่งงาน และดูว่าผลการเรียนต่ำกว่าความสามารถที่แท้จริงที่สังเกตเห็นหรือไม่ เช่น เวลาพูดคุยดูฉลาดคล่องแคล่ว มีไหวพริบแก้ปัญหาดี แต่ผลการเรียนต่ำ เป็นต้น

การคัดกรองที่เป็นรูปแบบ คือ การใช้แบบคัดกรองต่าง ๆ ในการคัดกรองปัญหาการเรียนอาจเป็นชุดเดียวหรือหลายชุดก็ได้ มีทั้งแบบให้เด็กประเมินตนเอง ให้ครูประเมิน และให้ผู้ปกครองประเมิน เมื่อคัดกรองแล้วห้ามสรุปว่าเด็กเป็นอะไร ต้องส่งตรวจประเมินเพิ่มเติมในเด็กกลุ่มเสี่ยงและ

กลุ่มป่วยต่อไป แต่ในระหว่างรอส่งต่อ สามารถให้การดูแลช่วยเหลือเบื้องต้นได้เลย เพื่อมิให้เกิดความล่าช้า และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

3.1 ความหมายการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

Anca and Hategan (2009, p. 103) การทดสอบที่ตรวจสอบประสิทธิภาพทางการคิดผ่านกระบวนการที่เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการได้มาและการใช้การคำนวณเลขคณิต: หน่วยความจำการได้ยิน และหน่วยความจำภาพ, การรับรู้ภาพและเสียง ขอบข่ายแรกให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับองค์ประกอบของส่วนประกอบของจิตวิทยาการเคลื่อนที่ (Psycho Motricity) เช่น แผนภาพวัตถุ การวางแนวซ้ายขวา ซึ่งอาการของความบกพร่องทางการเรียนรู้บางอย่าง เช่น ความพกพร่องในการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับจำนวน การนับจำนวนที่เชื่อมโยงซึ่งต้องเชื่อมโยงจำนวนแรกกับจำนวนอื่น ๆ สามารถปรากฏในบริบทของข้อกำหนดบางอย่างที่เฉพาะเจาะจงจากกิจกรรมของชั้นอนุบาลหรือประถมศึกษาปีแรก แต่การวินิจฉัยโรคจะเป็นไปได้อย่างเหมาะสมในชั้นประถมศึกษาปีที่สอง

3.2 แนวคิดการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ปิยพงศ์ แซ่ตั้ง (2560, หน้า 30) การประเมินภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมาก และจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลหลายประการประกอบกัน ได้แก่ ประวัติพัฒนาการ ประวัติครอบครัว ประวัติการศึกษา และรายงานการทดสอบทางจิตวิทยาจากแบบทดสอบที่มีมาตรฐานเพื่อประกอบการวินิจฉัยของแพทย์ ซึ่งแบบทดสอบทางจิตวิทยาที่นิยมนำมาใช้ประกอบการวินิจฉัยของแพทย์ในปัจจุบัน ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะสติปัญญา แบบทดสอบวัดความสามารถเฉพาะด้าน ดังนั้นหากสามารถประเมินเด็กได้ตั้งแต่ช่วงวัยต้นว่ามีความเสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ รวมทั้งทราบจุดเด่นและข้อบกพร่องของเด็กแต่ละคน ก็สามารถวางแผนในการช่วยเหลือได้อย่างรวดเร็ว และสอดคล้องกับความต้องการของเด็กนอกจากนี้ยังช่วยให้การประเมินและวินิจฉัยถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

Gersten (2007, pp. 1-2) เครื่องมือการคัดกรองเพื่อระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ต้องระบุตัวแปรที่สำคัญ รวมถึงความถูกต้องในการทำนายและการเลือกเนื้อหา เช่น ในการออกแบบเครื่องมือการคัดกรองเพื่อระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ตัวแปรที่สำคัญ คือ ประสิทธิภาพในการวัดนั้นมีขอบเขตที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง คะแนนของนักเรียนในการประเมินระดับอนุบาลจะต้องคาดเดาความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ในภายหลังเมื่อขึ้นชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 และชั้นอื่น ๆ การประเมินผลแสดงให้เห็นถึงหลักฐานที่มีผลต่อความสามารถในการทำนายสามารถช่วยในจัดการเรียนการสอน หากหลักฐานระบุคะแนนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ควรได้รับในระดับอนุบาล หรือการประเมินด้านคณิตศาสตร์ทำนายความบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นภายหลัง

ทางโรงเรียนและครูสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อจัดสรรวิธีการสำหรับการจัดเรียนการสอน หรือการให้บริการแทรกแซงให้กับนักเรียนเหล่านี้ในช่วงเริ่มต้นของการเรียนในห้องเรียนปกติ ซึ่งอาจนำไปสู่การสอนเพิ่มเติมสำหรับเด็กนักเรียนที่มีพัฒนาการล่าช้ากว่าเพื่อนของพวกเขาในการรับทักษะพื้นฐานที่สำคัญด้านคณิตศาสตร์

Healy, Fernandes, and Frant (2013) การสำรวจวิธีการต่าง ๆที่นักเรียนมีปัญหาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ถูกระบุและอธิบายในพื้นที่ต่าง ๆ ตามบริบทที่ต่างกันในแต่ละประเทศ แสดงให้เห็นว่ามีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องกับความสามารถในการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนและมากกว่านั้นอาจจำแนกผู้เรียนว่าประสบปัญหาความบกพร่องทางคณิตศาสตร์จากสาเหตุใด และผู้ที่ไม่ได้อยู่ในการวินิจฉัยเมื่อนำวิธีการนี้มาใช้ก็อาจจะได้รับประโยชน์มากขึ้นทางคณิตศาสตร์ การศึกษาที่ให้ความสำคัญกับความหลากหลายของประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน กับการสอนโดยคำนึงถึงความแตกต่างในวิถีการเรียนรู้ เป็นหลักฐานแสดงความบกพร่อง หรือความผิดปกติที่ขัดขวางการเรียนรู้ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่ครอบคลุมมากขึ้น

3.3 ประเภทของแบบประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ปิยพงศ์ แซ่ตั้ง (2560) ได้เปรียบเทียบการวินิจฉัยเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ในทางการแพทย์เดิมซึ่งใช้การวินิจฉัยตามเกณฑ์วินิจฉัยโรคทางจิตเวช ฉบับ DSM-IV-TR (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder: Fourth edition Text Revision) เป็นของสมาคมจิตแพทย์ ซึ่งตามเกณฑ์วินิจฉัยฉบับเดิม (DSM-IV-TR) ได้ระบุโรคเป็นโรคบกพร่องทางการเรียนรู้ (Learning Disorder) แบ่งลักษณะเฉพาะของภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสามด้าน ได้แก่ (1) ความผิดปกติด้านการอ่าน (Dyslexia) (2) ความผิดปกติทางคณิตศาสตร์ (Dyscalculia) และ (3) ความผิดปกติด้านการเขียน (ซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ทำงานกับเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ลงความเห็นว่าการแบ่งภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้) ตามเกณฑ์การวินิจฉัยฉบับเดิมนั้นจะมีลักษณะอาการบางอย่างที่ซ้อนทับกันอยู่และได้พิสูจน์แล้วว่าความบกพร่องทั้งสามด้านนี้มีความสัมพันธ์กันสูงและไม่ควรแยกจากกันด้วยเหตุนี้ในเกณฑ์การวินิจฉัยฉบับใหม่ DSM-5 จึงได้มีการปรับปรุงเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ใหม่โดยเปลี่ยนชื่อโรคเป็น Specific Learning Disorder (SLD) Dysgraphia ซึ่งเป็นโรคที่จัดอยู่ในความผิดปกติทางประสาทพัฒนาการ (Neurodevelopmental Disorder) และไม่มีการแบ่งความบกพร่องรายด้านแต่จะให้การวินิจฉัยเป็น SLD และระบุรายละเอียดของด้านที่มีความบกพร่องแถมเรียกการระบุรายละเอียดเกณฑ์ DSM-5 นี้ว่า Specifier ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์วินิจฉัยในครั้งนี้จะช่วยสะท้อนให้เห็นความผิดปกติรายด้านถูกจัดเป็นอาการที่เกิดขึ้นในโรค SLD แทนที่จะถูกจัดเป็นโรคเหมือนเดิม

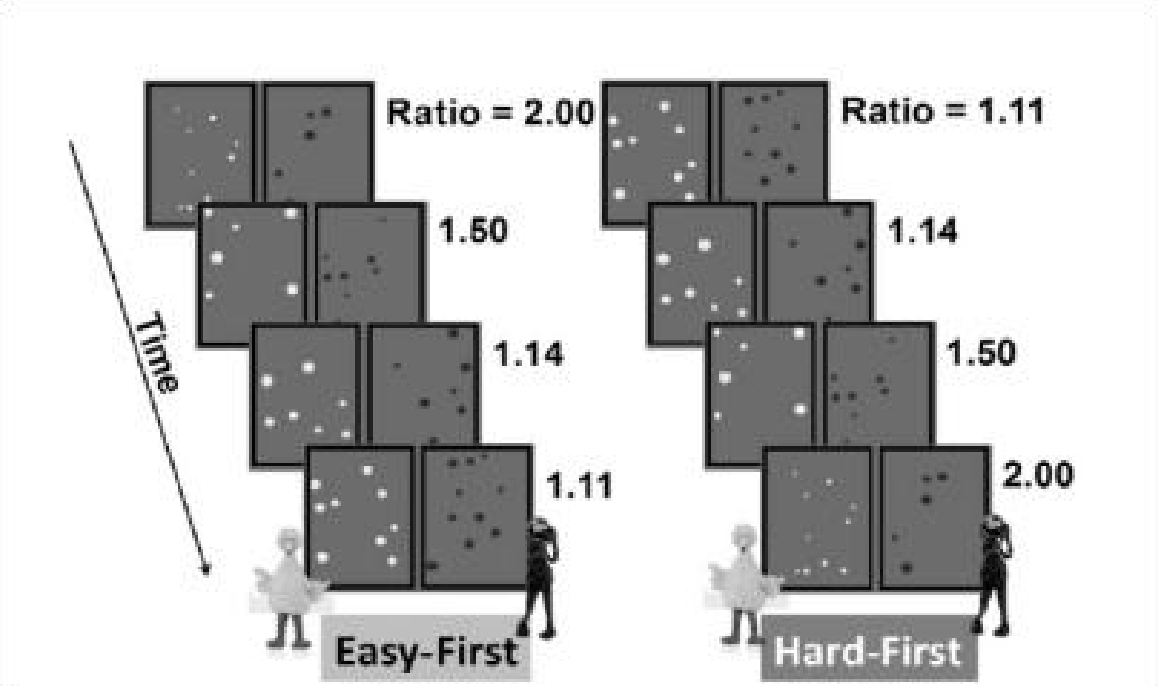
เกณฑ์การวินิจฉัยภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ DSM-5 ทางลักษณะเฉพาะความผิดปกติทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) ขาดทักษะและความเข้าใจเกี่ยวกับตัวเลข และการนับจำนวน ไม่เข้าใจค่าของตัวเลข เช่น บวก ลบ คูณ หาร ด้วยการนับนิ้วเป็นต้น

2) มีปัญหาด้านการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ จึงไม่สามารถหาคำตอบจากการบวก ลบ คูณ หาร ตามกฎ ของคณิตศาสตร์ได้ เช่น มีปัญหากับการตีโจทย์ปัญหา หรือ การอ่านตัวเลขหลายตัว หรือการเอาจำนวนน้อยมาลบออกด้วยจำนวนมาก เป็นต้น และเมื่อได้รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบมาตรฐานพบว่า มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่าระดับสติปัญญา และระดับการศึกษาที่เหมาะกับอายุแท้จริง ความบกพร่องเหล่านี้ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการทำงานและชีวิตประจำวัน ภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้นั้นจะมีอาการตั้งแต่แรกเกิดแต่อาการจะปรากฏชัดเจนเมื่อเด็กเริ่มเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งต้องอาศัยทักษะการอ่านการเขียน และการคำนวณบางคนอาจมีสติปัญญาสูงกว่าเกณฑ์เฉลี่ย

Wang, Odic, Halberda, and Feigenson (2016) ชีวิตมนุษย์สามารถเข้าถึงระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System, ANS) ซึ่งสนับสนุนความรู้สึกที่ใช้งานเริ่มต้นของปริมาณเชิงตัวเลข งานก่อนหน้านี้ในทั้งเด็กและผู้ใหญ่แสดงให้เห็นว่ามีความแม่นยำแตกต่างกันในของการใช้งานระบบ ANS ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์เชิงสัญลักษณ์ จากการศึกษาค้นพบว่าเด็กอายุ 5 ปีมีการการใช้ระบบ ANS อย่างแม่นยำมากขึ้น เมื่อเริ่มต้นด้วยการทดลองที่ง่ายขึ้นและค่อยๆ ยากขึ้นการพัฒนาความแม่นยำของ ANS เป็นผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเด็กในทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่องกับสัญลักษณ์

ANS Manipulation task เป็นแบบทดสอบที่ Odic, Hock and Halberda (2014) ใช้หาผลจากการทดสอบเด็กอายุใกล้เคียงกัน ค่าพารามิเตอร์การทดสอบใช้ขึ้นอยู่กับผู้ที่ศึกษา เด็ก ๆ ได้ทำแบบทดสอบด้วยตัวเองในห้องที่ปราศจากเสียงรบกวน โดยนั่งห่างจากแล็ปท็อป ขนาด 13 นิ้วที่มีการนำเสนอสิ่งเร้าประมาณ 40 ซม.จาก โดยใช้โปรแกรม Java ที่กำหนดเอง เด็กที่เล่นเกมจะเห็นจุดบนหน้าจอ และต้องระบุว่ามีจุดมีสีเหลืองหรือสีฟ้าอีกหรือไม่ หน้าจอมีสองเฟรมสีดำแต่ละตัวมีภาพตัวการ์ตูนอยู่ข้างๆ (Big Bird หรือ Grover ดังภาพที่ 2-2) การทดสอบจะปรากฏจุดสีเหลืองปรากฏในกรอบด้านซ้าย (กล่องของ Big Bird) และจุดสีน้ำเงินปรากฏพร้อมกันในกรอบด้านขวา (กล่อง Grover) จุดยังคงมองเห็นได้สำหรับ 1,200 ms ซึ่งเวลาในการแสดงผล 1,200 ms นานเพียงพอสำหรับเด็กในการดูภาพกระตุ้น แต่ให้สั้นพอเพียงเพื่อป้องกันไม่ให้มีการนับจุดอย่างต่อเนื่องเด็ก ๆ แสดงการตอบสนองของตนเองโดยชี้ไปที่สีหรือเรียกชื่อสี (f สำหรับสีเหลืองหรือ j เป็นสีน้ำเงิน) และคอมพิวเตอร์จะบันทึกการตอบสนองทั้งหมด เด็กได้รับการตอบรับหลังการตอบแบบทดสอบทุกครั้งเสียงที่บันทึกไว้ล่วงหน้ากล่าวว่า "*ถูกต้อง*" ตามคำตอบที่ถูกต้อง และ "*ไม่ถูกต้อง*" ตามคำที่ไม่ถูกต้อง การทดสอบใช้เวลาประมาณ 5 นาที



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างสิ่งเร้าที่เห็นได้จากเด็กในเงื่อนไข Easy-First และ Hard-First ของงาน ANS Manipulation จาก Changing the precision of preschoolers' approximate number system representations changes their symbolic math performance, โดย Wang et al., 2016, *Journal of Experimental Child Psychology, 147*, 82-99. Copyright 2016 โดย Elsevier.

แบบทดสอบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับครึ่งหนึ่งของเด็กในการทดลองที่ 1 ตามกิจกรรมทดสอบ ANS Manipulation Task เราวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สัญลักษณ์โดยใช้ 18 รายการจากแบบฟอร์ม A ของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้น (TEMA-3; Ginsburg & Baroody, 2003) TEMA-3 เป็นแบบทดสอบมาตรฐานของความสามารถทางคณิตศาสตร์สัญลักษณ์ที่ได้รับการ normed สำหรับเด็กอายุระหว่าง 3 ถึง 8 ปี ประกอบด้วย 72 ข้อที่แบ่งออกเป็นหมวดย่อย ๆ ของความสามารถทางคณิตศาสตร์สัญลักษณ์แบบไม่เป็นทางการ (40 รายการ) และความสามารถทางคณิตศาสตร์สัญลักษณ์แบบเป็นทางการ (32 รายการ) ซึ่งทักษะการทดสอบรายการสัญลักษณ์อย่างไม่เป็นทางการนั้น เด็ก ๆ มักจะได้รับโดยไม่ต้องได้รับคำแนะนำจากโรงเรียน รวมทั้งการนับถ้อยคำด้วยวาจาและแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่พูดโดยใช้นิ้วมือหรือเครื่องหมาย ในทางตรงกันข้ามรายการสัญลักษณ์อย่างเป็นทางการเกี่ยวกับความสามารถในการทดสอบ TEMA-3 ซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องมีการสอนที่ชัดเจน เช่น การเขียนเลขอารบิกและการทำความเข้าใจค่า แต่ละหมวดหมู่รายการใน TEMA-3 ถูกสร้างขึ้นโดยใช้การวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของเด็ก ๆ โดยรวม TEMA-3 แสดงให้เห็นว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาสูง

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ มีดังนี้

ดารณี ศักดิ์ศิริ (2563, หน้า 16-17) ผลการพัฒนาเครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็นเด็กที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นอนุบาลปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามกรอบแนวคิดของแบบคัดแยกเด็กที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ (McCarthy Screening Test) และแบบทดสอบความสามารถด้านคณิตศาสตร์ สำหรับเด็กปฐมวัย (TEMA-3) ประกอบด้วย แบบทดสอบ 6 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 การจำ ชุดที่ 2 การจำแนก ชุดที่ 3 การนับ ชุดที่ 4 การรู้จักชื่อของตัวเลขและการเขียน ชุดที่ 5 การเปรียบเทียบจำนวน และชุดที่ 6 การบวก การลบ ซึ่งผลการวิจัย พบว่า เครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ทั้ง 6 ชุด โดยชุดที่ 1, 4, 5 และ 6 แต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ส่วนชุดที่ 2 และ 3 มีค่าค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.66–1.00 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งชุดเท่ากับ 0.88 นอกจากนี้จากเกณฑ์การตัดสินภาวะเสี่ยง ณ ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 พบว่า ชุดที่ 1 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 10 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ชุดที่ 2 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 9 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ชุดที่ 3 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 12 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ชุดที่ 4 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 18 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ชุดที่ 5 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 9 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน และ ชุดที่ 6 มีคะแนนจุดตัดอยู่ที่ 1 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน

Rittle-Johnson, Zippert, and Boice (2018) เนื่องจากความรู้ทางคณิตศาสตร์เริ่มมีแตกต่างทางการพัฒนาในวัยหนุ่มสาว สิ่งสำคัญคือ ต้องระบุทักษะการคิดและการเรียนรู้พื้นฐานที่อาจนำไปสู่การพัฒนา การศึกษาในปัจจุบันมุ่งเน้นไปยังสองทักษะสำคัญที่มักถูกมองข้าม ซึ่งเป็นหลักฐานล่าสุดแสดงให้เห็นว่าเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคณิตศาสตร์ต้นแบบ: การออกแบบและทักษะเชิงพื้นที่ การประเมินทักษะการเลียนแบบซ้ำของเด็กปฐมวัยด้านมิติสัมพันธ์ซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาทั่วไปและความรู้ทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้นปีก่อนเข้าอนุบาล ประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในช่วงปลายปีการศึกษาโดยศึกษาข้อมูลที่ครบถ้วนในเด็ก 73 คน รูปแบบการทำซ้ำของเด็กและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องสามารถทำนายความรู้ทางคณิตศาสตร์ของเด็กในช่วงเวลาเดียวกันและเจ็ดเดือนถัดมา นอกจากนี้ทักษะการทำแบบฝึกหัดซ้ำยังทำนายความรู้ทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง ดังนั้นแม้ว่ารูปแบบการทำซ้ำมีความเกี่ยวข้องกับทักษะด้านมิติสัมพันธ์ แต่รูปแบบการทำซ้ำเป็นตัวทำนายที่

บ่งบอกเอกลักษณ์ความรู้และพัฒนาการทางคณิตศาสตร์ ทั้งสองทฤษฎีของการพัฒนาคณิตศาสตร์ในช่วงต้นและมาตรฐานทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้นควรจะขยายเพื่อรวมบทบาทในการทำซ้ำรูปแบบและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ ข้อมูลจากตำแหน่งในมิติสัมพันธ์มักถูกประมวลผลเมื่อมีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น บางคนสร้างแผนภาพของปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์ด้านมิติสัมพันธ์ที่อธิบายไว้ในปัญหาและคนเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้กระบวนการทางปัญญาด้านคณิตศาสตร์มักมีพื้นฐานมาจากประสบการณ์ที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง เช่น การย้ายวัตถุเพื่อรวมหรือแยกชุดออก (บวก และลบ) และก้าวไปตามเส้นทางที่เป็นประสบการณ์ในการสนับสนุนการเชื่อมโยงจากเส้นบรรทัดจำนวน โดยรวมแล้วเราจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างทักษะด้านมิติสัมพันธ์และความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเด็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งก่อนที่เด็ก ๆ จะเรียนอนุบาล ทักษะการเลียนแบบการทำซ้ำของเด็กเล็กมีรูปแบซับบซ้อนมากขึ้นในการเรียนระดับปฐมวัยในโรงเรียน เด็ก ๆ เรียนรู้การทำงานกับรูปแบบ AB แบบง่าย ๆ เช่น รูปแบบสีแดง น้ำเงิน และเรียนรู้การระบุรูปแบบด้วยหน่วยย่อย 3 และ 4 ชิ้น (เช่น ABB และ AABB) ในตอนท้ายของเด็กก่อนวัยเรียนเด็กหลายคนสามารถที่จะทำ (ระบุรายการหายไปในรูปแบบ) ซ้ำ (ทำแบบจำลองที่แน่นอนของรูปแบบรูปแบบ) และขยาย (ต่อรูปแบบที่มีอยู่โดยอย่างน้อยหนึ่งหน่วยทำซ้ำ) รูปแบบการทำซ้ำ บางคนยังสามารถที่จะสร้างรูปแบบการทำซ้ำ – สร้างรูปแบบโมเดลโดยใช้ชุดวัสดุที่แตกต่างกัน การทำงานกับรูปแบบการทำซ้ำทำให้โอกาสในการระบุและอธิบายลำดับที่สามารถคาดเดาได้โดยเร็วโดยไม่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ ด้วยเหตุนี้นักวิจัยด้านคณิตศาสตร์บางคนจึงคิดว่าการคิดแบบเป็นหัวใจสำคัญในการคิดคณิตศาสตร์ในช่วงต้น ผลการวิจัยในปัจจุบันเน้นความสำคัญของการพิจารณาการทำซ้ำแบบซ้ำและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ ในทฤษฎีการพัฒนาคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่ของการวิจัยและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาคณิตศาสตร์ในช่วงต้นมุ่งเน้นไปที่ความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ (ความรู้เกี่ยวกับความหมายของตัวเลขทั้งหมดและความสัมพันธ์กับจำนวน) เส้นทางแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Pathways to Mathematics Model) ประกอบด้วยทักษะด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Skill) เป็นทักษะเริ่มต้นก่อนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้นแบบรวมถึงการทำซ้ำทักษะ เป็นหนึ่งในสามทักษะคณิตศาสตร์ต้นที่ส่งเสริมความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง ประสบการณ์ของเด็กที่เล่นกับบล็อกปริศนาเกมวิดีโอและวัสดุด้านมิติสัมพันธ์อื่น ๆ มีแนวคิดสำคัญที่สุดคือต้องมีการศึกษาการฝึกเชิงทดลองมากขึ้น ก่อนที่จะสามารถสรุปข้อสรุปที่เป็นประโยชน์ได้ สรุปได้ว่ารูปแบบการทำซ้ำของเด็กปฐมวัยและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในขณะนั้นและในอนาคต แม้ว่าผลการวิจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันและไม่ใช่สาเหตุ แต่เมื่อรวมกับหลักฐานการทดลองอื่น ๆ สำหรับการเชื่อมโยงสาเหตุระหว่างทักษะสองด้านกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในเด็กวัยประถมศึกษา

Van Herwegen, Costa, Nicholson, and Donlan (2018) การศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกที่ไม่ใช่สัญลักษณ์เรียกว่า PLUS และโปรแกรมการฝึกอบรมเชิงสัญลักษณ์ที่เรียกว่า DIGIT เพื่อให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับลักษณะทางสาเหตุของปัจจัยเฉพาะโดเมนที่นำไปสู่ความสามารถทางคณิตศาสตร์ วิธีการและขั้นตอน: คัดเลือกและสุ่มแบ่งเด็กปฐมวัยจำนวน 40 คนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ ยังไม่ได้รับการสอนทางคณิตศาสตร์ในโรงเรียน และมีความบกพร่องของระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System: ANS) เพื่อให้ความแปรปรวนภายในน้อยลง เนื่องจากเด็กทุกคนมีปัญหาทั้งสัญลักษณ์และไม่เป็นสัญลักษณ์ ตรวจสอบความสามารถที่จะได้รับการพัฒนาผ่านโปรแกรมการฝึกที่แตกต่างกัน ถ้าความรู้เชิงสัญลักษณ์ได้รับการกระตุ้นความสามารถทางคณิตศาสตร์ของเด็ก (Learning Disability: LA) ในกลุ่มใช้เกม DIGIT ควรแสดงความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นในขณะที่ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นสัญลักษณ์จะช่วยเพิ่มความสำเร็จทางคณิตศาสตร์เด็ก LA ใน เกม PLUS จะดีขึ้น ซึ่งเด็ก LA เข้ารับการฝึกแบบเน้นความรู้เชิงสัญลักษณ์ (DIGIT) (การนับและความรู้หลักสำหรับตัวเลข 1-20) และ เน้นความรู้ที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ (PLUS) (เกมสองประเภทที่จับคู่หน้าที่ของระบบ ANS คือการประมาณค่าและอัตราส่วนการจับคู่) ผลการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ครั้ง เปรียบเทียบกับเด็กปฐมวัย 20 คนที่ไม่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าหลังการพัฒนาเด็กปฐมวัยที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำด้วยสองโปรแกรมการฝึก เด็กที่ได้รับฝึกมีคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นทันทีหลังการฝึก ผลการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นในช่วงต้น รวมถึงการทดสอบที่เกี่ยวกับจำนวน ความรู้สึกที่ไม่ใช่สัญลักษณ์ การทดสอบการนับและการทดสอบการจดจำ หลังจากฝึกอบรมห้าสัปดาห์และการพัฒนายังคงต่อเนื่องมาอีก 6 เดือนต่อมา

Alkhadim, Cimetta, Marx, Cutshaw, and Yaden (2021, p. 1) ได้ศึกษาผลของการตรวจสอบผลการวิจัยโดยใช้การประเมินคณิตศาสตร์เบื้องต้น (Research-Based Early Math Assessment: REMA) ในเด็กชนบทเขตตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเด็กในเขตชนบทที่เริ่มเรียนชั้นอนุบาลจะมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเด็กในเขตเมือง และมีความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นในปีการศึกษาต่อมา จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีที่ถูกต้องและการวัดผลในการวิจัยเพื่อระบุจุดอ่อนของเด็กอนุบาลที่เข้าเรียนในโรงเรียนชนบท จึงจะสามารถออกแบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นได้ โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ 1) ตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินผลคณิตศาสตร์ปฐมวัยในนักเรียนที่เข้าเรียนระดับอนุบาลในโรงเรียนเขตชนบทปีแรก จำนวน 249 คน และ 2) ใช้คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบผลความแตกต่างในการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นในอนุบาลในเด็กอนุบาลในโรงเรียนเขตชนบท โดยอิงจากการวิจัยในกลุ่มย่อยต่าง ๆ (เพศ เชื้อชาติ ความยากจน การศึกษาของผู้ปกครองการเข้าเรียนก่อนวัยเรียน และอายุ) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบประเมินคณิตศาสตร์ขั้นต้นสอดคล้องกับ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของเด็กอนุบาลในโรงเรียนเขตชนบท นอกจากนี้ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่า เชื้อชาติความยากจน การศึกษาของผู้ปกครอง การเข้าเรียนก่อนวัยเรียน และอายุ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำแบบประเมินคณิตศาสตร์ของเด็กอนุบาลในเขตชนบทปฐมวัย

ตอนที่ 4 ความหมาย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย

4.1 ความหมายของปัญญาสมานกาย

Goldinger, Papesh, Barnhart, Hansen, and Hout (2016, pp. 1-6) ทุกคนรู้ว่าจิตใจและร่างกายเชื่อมต่ออย่างลึกซึ้ง ซึ่งปัญหาทางด้านจิตใจสามารถแก้ไขได้ด้วยการตัดสินใจเรียบง่ายมากกว่าการคิดที่สลับซับซ้อน นักวิชาการหลายคนมองว่าปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition: EC) เป็นการเปลี่ยนทฤษฎีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ทางปัญญา (Cognitive Science) เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจข้อเรียกร้องที่ต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบการวิจารณ์สอดคล้องกับหลักเหตุผลด้านปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) บทความนี้นำเสนอบทวิจารณ์ของ EC โดยใช้แนวทางที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับบทวิจารณ์ก่อนหน้าที่ตรวจสอบโดเมนเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งในรายละเอียด ตัวอย่าง เช่น สมมติว่า ผู้เสนอโครงการ EC ดำเนินการศึกษาพบว่าการรับรู้คำสัมพันธ์กับการกระทำ (เช่นเตะ) กระตุ้นให้เกิดพื้นที่ของเยื่อหุ้มสมองที่สัมพันธ์กับขา จากมุมมองทางทฤษฎีนักวิจัยตีความว่า "Embodied" หมายถึง พื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงของ บริเวณสมองที่ส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อ (Motor Cortex) ที่ช่วยในการสื่อความหมาย ความจริงของ EC ส่วนหนึ่งที่เป็นทฤษฎีต่าง ๆ ตั้งแต่พื้นฐานเบื้องต้นของปัญญาสมานกาย (Mild Embodiment) จนถึงรากฐานของปัญญาสมานกาย (Radical Embodiment) มีความแตกต่างกันมากภายใต้สิ่งเดียวกัน คำกล่าวทั่ว ๆ ไปทฤษฎีเกี่ยวกับพื้นฐานเบื้องต้นของปัญญาสมานกาย (Mild Embodiment) ยืนยันว่าความรู้ไม่ได้มาในสุญญากาศ แต่ประสบการณ์ทางปัญญาทั้งหมดจำเป็นต้องมีเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัส (Sensory) และกระแสประสาทเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Motor Contexts) ของพวกเขาที่ปรากฏขึ้น

หลักการพื้นฐานของการวิจัยทางปัญญาที่เกี่ยวกับปัญญาสมานกาย คือความคิดไม่ใช่สิ่งที่แยกขาดจากร่างกาย การคิดเป็นกิจกรรมที่ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากร่างกาย และสมองที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ความคิดของเราขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายเราขณะนั้น นอกจากนี้เหตุผลทางการเรียนรู้ทางปัญญาขึ้นอยู่กับร่างกายที่ชัดเจนขึ้นอีกอย่างคือความรู้ความเข้าใจทางปัญญาที่มีอยู่เป็นแนวทางในการดำเนินการ ร่างกายเรารับรู้เพื่อที่จะแสดงออกทางพฤติกรรม (และสิ่งที่เรารับรู้ขึ้นอยู่กับว่าเราตั้งใจจะทำอะไร) เรามีใช้ความรู้สึกเพื่อเป็นแนวทางกำหนดการกระทำ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการรับรู้ทางปัญญาที่เป็นนามธรรมมากที่สุด (เช่น ลักษณะเฉพาะของบุคคลและภาษา)

4.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย

Piaget and Inhelder (1969) การกระทำทั้งหมดเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเด็กเล็กที่เริ่มเข้าใจ และปฏิบัติตามสภาพแวดล้อมของพวกเขาโดยใช้ขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ (Sensorimotor) ซึ่งตรงกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย โดยเน้นความสำคัญของข้อมูลการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ

Núñez, Edwards, and Matos (1999, p. 45) ทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) มีเหตุผลที่การเรียนรู้ และการรับรู้ ตั้งอยู่และขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เราให้เหตุผลว่าธรรมชาติของการเรียนรู้ และสติปัญญาความรู้ ที่มีอยู่ไม่เกิดขึ้นได้ถ้ามีเฉพาะปัจจัยทางสังคม วัฒนธรรมและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเท่านั้น ปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่มีอยู่ และสามารถเข้าใจได้ทางชีววิทยาที่มีร่วมกับการทำงานทางร่างกายขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ดังนั้นการรู้คิดจึงแฝงอยู่ในทุกคนและลักษณะทางกายภาพของการรู้คิด เป็นรากฐานของสถานภาพทางสังคม ความบกพร่องของการสร้างกรอบความคิดที่ใช้อธิบายเหตุการณ์ ทางการรู้คิดด้านคณิตศาสตร์ มีผลกระทบที่สำคัญสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ หลังจากกรอบความคิดทางทฤษฎีบางอย่างของปัญญาสมานกาย ในมุมมองของวิทยาศาสตร์ทางปัญญาที่ทันสมัย การวิเคราะห์กรณีศึกษาเกี่ยวกับความต่อเนื่องของฟังก์ชัน ได้ใช้ทฤษฎีอุปลักษณ์ เชิงมโนทัศน์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าปัญญาสมานกาย มีอยู่จริงและยังให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัญหาทางปัญญาพื้นฐานอย่างต่อเนื่อง

Barsalou (1999) ทฤษฎีปัญญาสมานกาย ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการทางปัญญาที่สูงขึ้น เช่น คณิตศาสตร์และภาษานั้นขึ้นอยู่กับขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว ภายในระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตและรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัว

Wilson (2002, pp. 625-636) แนวคิดปัญญาสมานกายหกรูปแบบ มุมมองที่เกิดขึ้นใหม่ถือได้ว่ากระบวนการทางความรู้ที่ฝังรากลึกในการมีปฏิสัมพันธ์ของร่างกายกับโลก มีแนวคิดดังนี้ 1) กระบวนการทางปัญญา มีตำแหน่งอยู่ในบริบทของสภาพแวดล้อมจริงและเกี่ยวข้องกับการรับรู้และการกระทำ 2) กระบวนการทางปัญญาการทำงานภายใต้แรงกระตุ้นของการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจริง 3) องค์ความรู้มีปฏิกิริยาสภาพแวดล้อม เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการประมวลผลข้อมูล (เช่น ข้อจำกัดด้านความสนใจและความจำในการทำงาน) เราใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเพื่อช่วยในการรับรู้ เราทำให้สภาพแวดล้อมนั้นจัดการเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานที่ต้องรู้ 4) สภาพ แวดล้อมเป็นส่วนหนึ่งขององค์ความรู้ 5) กระบวนการทางปัญญามีไว้เพื่อการปฏิบัติ และ 6) การรับรู้ออฟไลน์นั้นขึ้นอยู่กับร่างกาย

Wilson and Golonka (2013, pp. 1-2) รูปแบบหลักของปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition: EC) ประการแรกธรรมชาติของความเข้าใจทางปัญญา ได้รับอิทธิพลจากร่างกาย เป็นที่ยอมรับอย่างชัดเจนว่า กระบวนการทางปัญญาไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยปราศจากร่างกายที่มีชีวิต คือ

1) การประมวลผลความรู้ความเข้าใจจะได้รับอิทธิพลจากร่างกาย 2) การรับรู้ทางปัญญามีตำแหน่งที่อยู่ ซึ่งหมายความว่ากิจกรรมทางปัญญาเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมและเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด กับการรับรู้และการกระทำ แนวคิดเรื่องนี้จากจิตวิทยาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ที่พบบ่อยในการทบทวนทางการศึกษาของ EC ไม่ได้หมายถึง การถ่ายทอดอะไรที่ซ้ำซาก เช่น บุคคลหนึ่งสามารถมองเห็นวัตถุในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงได้ ซึ่งเป็นเรื่องจริงเล็กน้อยและไม่มีความเข้าใจใด ๆ การตีความในเรื่องการรับรู้ทางปัญญามีตำแหน่งที่อยู่ นั้นคือการเปลี่ยนแปลงด้านกระบวนการทางความคิด (ทั้งในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ) ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของบุคคล และสภาพแวดล้อม 3) การรับรู้ทางปัญญาสามารถนำออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ มีหลักฐานมากมายสำหรับการกำจัด (Offloading) และประสบการณ์ทั่วไปยืนยันประโยชน์การกำจัด เพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ โดยใช้ภาพวัตถุในสภาพแวดล้อมเป็นตัวชี้นำหน่วยความจำ เช่น การมองไปรอบ ๆ ห้องรก ซึ่งเป็นการยากที่จะจดจำทุกอย่างที่อยู่ในที่นั้น ดังนั้นการจดจำด้วยภาพที่ปรากฏจะสูญเสียความจำบางส่วน ผู้คนจะต้องแก้ไขตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องซ้ำ ๆ ในขณะที่ค้นหาเป้าหมายช่วยให้สภาพแวดล้อมที่มั่นคงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับรู้ ไม่ว่าใครจะเชื่อว่าเรื่องปัญญาสมานกายหรือไม่เชื่อทฤษฎีนี้ก็ตาม ก็เหมาะสมที่จะตั้งสมมติฐานว่ามนุษย์มีพัฒนาการการรับรู้เมื่อใด ตามความคิดที่ว่า และ 4) ระบบความรู้ความเข้าใจจะขยายไปสู่สิ่งแวดล้อม

Pouw et al., (2014) ทฤษฎีปัญญาสมานกาย เสนอว่ากระบวนการทางปัญญามีพื้นฐานจากการรับรู้และการกระทำของร่างกาย แนวคิดของ ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Cognitivism) กล่าวว่า กระบวนการทางปัญญาเป็นผลมาจากการใช้สัญลักษณ์นามธรรมนั่นคือการประมวลผลหน่วยนามธรรมของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง และไม่ได้มีพื้นฐานในเหตุการณ์จริงในโลก

Lindgaard and Wesselius (2017, pp. 86-87) ทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวที่ส่งผลต่อความคิดโดยรวมได้กว้างขึ้นในวิทยาศาสตร์วิทยาการปัญญา อธิบายถึงคำอุปมาอุปมัยอย่างชัดเจน การอภิปรายในบริบทนี้เกี่ยวข้องกับการอภิปรายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับทฤษฎีการรับรู้และความรู้สึก รูปที่เกิดขึ้นใหม่นี้เป็นสหวิทยาการได้รับการเรียกกันอย่างหลากหลาย เช่น ก่อนการเกิดทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Post-Cognitivism) ยุคสองของวิทยาการปัญญา (Second-Generation Cognitive Science) และปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ปัญญาสมานกายเกี่ยวข้องกับนักวิจัยทางด้านจิตวิทยา ประสาทวิทยา ปรัชญาภาษาศาสตร์ และปัญญาประดิษฐ์ แม้ว่าเป้าหมายอาจแตกต่างกันไปในหมู่นักวิจัยคนอื่น ๆ แต่สิ่งที่ต้องหาคำตอบแบบเดียวกัน คือ การทำความเข้าใจกระบวนการของสมองและซึ่งก่อนหน้านี้ถือว่าเป็นนามธรรมและแยกออกจากกระบวนการทางร่างกายของความรู้สึก การเคลื่อนไหวและการรับรู้ อาศัยและพัฒนาจากกระบวนการที่มาก ในมุมมองนี้ความหมายและความเข้าใจของมนุษย์ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทางร่างกายและขึ้นอยู่กับกระบวนการวิวัฒนาการและพัฒนาการ

การพัฒนาหลายอย่างในทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) จะเน้นกระบวนการที่ว่า การรับรู้ระดับพื้นฐานสร้างแนวคิดเชิงนามธรรม พื้นที่หนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง คือ บทบาทของพื้นที่ประสาทสัมผัสและศูนย์ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย (Motor Area) ของสมอง ในกระบวนการทางปัญญาซึ่งจะตรวจสอบโดยใช้การสร้างภาพสมองหรือภาพถ่ายสมอง (Neuroimaging) ในขณะที่บุคคลกำลังทำกิจกรรมทดสอบทางปัญญา

Chang (2018, pp. 13-14) การกำหนดความรู้ความเข้าใจที่เป็นรูปธรรมก่อนหน้านี้เน้นที่เหตุผลเชิง ปรากฏการณ์นิยม (Phenomenological) ซึ่งอธิบายว่ามนุษย์เป็นผู้สร้างสภาวะการณ์ขึ้นโดยที่ตนเป็นส่วนหนึ่งของสภาวะการณ์ ส่วนคำว่าปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) มาจากแนวคิด "Affordance" จาก Gibson (1979) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อม ว่าเป็น การกระทำที่เกิดขึ้นกับสิ่งของ โดยที่สิ่ง ๆ นั้นมีคุณสมบัติ หรือตัวบ่งบอกการใช้งาน ให้เราทราบว่าเราควรใช้มันอย่างไร เช่น เกลียวฝาขวดน้ำ (คุณสมบัติของสิ่งของ) ที่ต้องบิดเมื่อเปิด (การกระทำ) บานประตู (คุณสมบัติของสิ่งของ) ที่ต้องดึง หรือ ผลัก (การกระทำ) เป็นต้น โดยการเพิ่มถึงความสัมพันธ์ระหว่างคนกับวัตถุสิ่งแวดล้อม ให้กับในชีวิตประจำวัน และเสนอความสำคัญของการรับรู้ ตัวบ่งบอกการใช้งาน (Affordance) แนวคิด Affordance ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายซึ่งนำไปสู่รากฐานของการปฏิสัมพันธ์ที่เป็นตัวเป็นตนโดย เสริมสร้างความสำคัญของการกระทำที่ดำเนินการตามแนวคิดปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ทั้งยังเน้นถึงความสำคัญของการประมวลผลทางประสาทสัมผัส และการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายของปัญญาสมานกาย จากด้านจิตวิทยาพัฒนาการ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) และการสำรวจต่อเนื่องหลายรูปแบบยังนำไปสู่การพัฒนาสติปัญญา

Sullivan (2018, pp. 1-16) ศึกษาความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบงานวิจัยในวิธีการสอน และเนื้อหาของปัญญาสมานกาย เพื่อเสนอแนวคิดว่าการเคลื่อนไหวสามารถสามารถแสดงข้อมูลจากภายใน การทบทวนนี้อธิบายว่าวิธีการสอนที่แตกต่างกันในกิจกรรมของมนุษย์นำไปสู่ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างไร และผลลัพธ์เหล่านั้นอาจเชื่อมโยงกับการมีร่างกายที่กระตือรือร้นในการเรียนรู้ได้อย่างไร วรรณกรรมเกี่ยวกับปัญญาสมานกาย แสดงให้เห็นการกระทำทางกายภาพที่เรากระทำเป็นตัวกำหนดประสบการณ์ทางจิตใจ เรายืนยันว่านักเรียนเลียนแบบท่าทางของอาจารย์ทางจิตใจกิจกรรมนี้ก่อให้เกิดประสบการณ์ที่เป็นตัวเป็นตนที่มีอยู่ในห้องเรียนและกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นนี้นำไปสู่การจำที่เพิ่มขึ้น เหตุผลหนึ่งที่สำหรับการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนในสภาพแวดล้อมที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลางคือการกระตุ้นเซลล์ประสาท มีการอภิปรายถึงความหมายของหัวข้อการสอนเชิงจิตวิทยาในห้องเรียน ซึ่งจุดมุ่งหมายประการแรกของการศึกษานี้ คือ วิธีการสอน การให้ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของวิธีการที่ใช้ในการศึกษาและการอภิปราย แสดงให้เห็นว่า

วิธีการที่มีแนวโน้มมากที่สุดในการทำความเข้าใจการเรียนรู้ คือ การเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจากวิธีจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนเมื่อไม่สามารถสร้างตัวอย่างของแนวคิดด้วยตนเอง จึงต้องพึ่งวิธีการสอนที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ทั้งทฤษฎีในการเรียนการสอนที่เน้นมนุษย์ และการเรียนการสอนที่เน้นเทคโนโลยี วิธีการสอนมีอิทธิพลอย่างมากต่อเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าววิธีการที่ใช้ในการสอนจึงเป็นจุดสนใจของการทบทวนวิธีการสอนในปัจจุบัน สรุปได้ 3 ข้อ ดังนี้ 1) วิธีการสอนที่เน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง 2) วิธีการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติ และ 3) วิธีการสอนที่เน้นเทคโนโลยีช่วยสอน

ปัญญาสมานกาย เป็นจุดมุ่งหมายที่สองของการศึกษาครั้งนี้ ทฤษฎีปัญญาสมานกาย มีอิทธิพลต่อประสบการณ์ของมนุษย์ โดยเน้นไปที่ประสบการณ์ของนักเรียนในห้องเรียน ปัญญาสมานกายเป็นเครื่องหมายการเปลี่ยนแปลงจากความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม ซึ่งมองว่าจิตใจเป็นคอมพิวเตอร์ นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจมาตรฐานมองว่ากระบวนการทางความคิดเป็นการคำนวณ ซึ่งมุมมองแบบดั้งเดิมนี้ ความรู้สึกออกแยกจากการรับรู้และการกระทำ ส่วนนิยามความรู้ใหม่นี้เรียกว่า "*ปัญญาสมานกาย*" หมายถึง ความรู้ความเข้าใจขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับรู้ของร่างกายมนุษย์ และความสามารถในการรับรู้เหล่านี้จะถูกฝังอยู่ในบริบททางชีววิทยา จิตวิทยาและวัฒนธรรม ดังนั้นกระบวนการทางประสาทสัมผัสและมอเตอร์จึงเป็นสิ่งที่แยกออกไม่ได้ในด้านความรู้ความเข้าใจ ความแตกต่างในการรับรู้นี้ จำกัด สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในการกระทำที่พวกเขาจะดำเนินการตามข้อมูลทางประสาทสัมผัสที่มีให้ในเวลาที่มีการกระทำ สมองและร่างกายทำงานควบคู่กันเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ

จุดประสงค์ของปัญญาสมานกายด้านการศึกษา คือ เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับศูนย์รวมในห้องเรียน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องหารือกันว่าปัญญาสมานกายที่ได้รับการตรวจสอบในบริบทของการศึกษา การวิจัยด้านประสาทการศึกษาส่วนใหญ่ไม่รวมถึงการตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างร่างกายกับกระบวนการทางปัญญา ด้านทฤษฎีทางการศึกษาการเรียนรู้ถูกมองเพียงว่าเป็นกิจกรรมทางปัญญา แทนที่จะเป็นกิจกรรมที่รับทั้งปัญญาและร่างกาย สิ่งที่น่าสังเกตถึงข้อยกเว้นสำหรับปรัชญานี้ คือ ผลงานของ Maria Montessori (1988)ยืนยันว่านักเรียนจะต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมเพื่อเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น การพูดไม่เพียงพอที่จะจุดประกายการพัฒนาจิตใจเนื่องจากนักเรียนต้องพึ่งพาการเคลื่อนไหวเพื่อพัฒนากระบวนการทางปัญญา มีการวิจัยที่เพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญญาสมานกาย นักวิจัยได้พบผลในเชิงบวกของการเคลื่อนไหวต่อผลการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ และ ภาษา การศึกษาหนึ่งโดย Alibali and Nathan (2012) พบว่าแนวคิดทางคณิตศาสตร์ คือ ปัญญาร่วมกับร่างกาย ท่าทางที่ครูและนักเรียนปฏิบัติใช้เพื่ออธิบายแนวคิดเหล่านี้ นี่อาจเป็นการพิจารณาที่สำคัญสำหรับอาจารย์ผู้สอนที่ต้องการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในเนื้อหาของหลักสูตร ตัวอย่างเช่น ในสถิติและวิธีการวิจัยทางจิตวิทยาผู้สอนควรให้โอกาสสำหรับ

นักเรียนในการโต้ตอบกับข้อมูลผ่านทาง สื่อในลักษณะที่เรียกว่า Manipulatives หรือ สื่อที่ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ ช่วยทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม สร้างความคล่องแคล่ว ไหลลื่นให้กับบทเรียน นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงกับบทเรียนหรือใช้เทคโนโลยีที่จับการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น เทคโนโลยีเสมือนจริงที่เกิดขึ้นใหม่ การวิจัยเชิงประจักษ์เกี่ยวกับปัญญาสมานกาย และการเรียนรู้นั้นมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนในบทเรียนช่วยเพิ่มผลลัพธ์ของนักเรียน

Schott (2019, pp. 88-89) ปัญญาสมานกาย มีประสาทสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปัญญา ความสนใจ และการเคลื่อนไหว การดำเนินการของการเคลื่อนไหวและความรู้ความเข้าใจพร้อมกันนั้นเป็นความต้องการทาง เครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการรับรู้ ความสนใจและการเคลื่อนที่การควบคุมปัญญา เป็นกระบวนการทางปัญญาระดับสูงที่ซับซ้อน (การใช้เหตุผลการแก้ปัญหาการวางแผน) โดยการประสานงานและควบคุมกระบวนการระดับล่างอื่น ๆ(การยับยั้ง,ปรับปรุง,การเคลื่อนไหว) ช่วยควบคุมและปรับความยืดหยุ่น การกระทำหรือพฤติกรรมที่ชี้นำเป้าหมายระหว่างพฤติกรรม เครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้อง คือThe Fronto - Parietal Control Network (FPCN) มีบทบาทสำคัญในการควบคุมความรู้ความเข้าใจ FCPN ประกอบด้วย The Dorsolatera Prefrontal Cortex (DLPFC) เป็นเปลือกสมองบริเวณส่วนบนของสมองกลีบหน้าผาก (Frontal Lobe) ซึ่งสัมพันธ์กับการจดจำขณะทำงาน (Working Memory เช่นการทดเลขในใจ) การวางแผน การตัดสินใจต่าง ๆ รวมไปถึงความยืดหยุ่นทางปัญญา Anterior Cingulate Cortex (ACC) เป็นสมองส่วนที่อยู่ลึกลงไปในสมองกลีบหน้าผาก ส่วนนี้สัมพันธ์กับการควบคุมอารมณ์ และแรงผลักดันต่าง ๆ ซึ่งช่วยในการตัดสินใจที่เหมาะสมและเป็นเหตุเป็นผล นอกจากนี้ยังพบว่าเกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมด้วย Inferior Frontal Gyrus (IFG) รอยนูนสมองกลีบหน้าด้านล่าง มีหน้าที่เกี่ยวกับการคำนวณโดยแม่นยำเกี่ยวข้องกับเลขคณิตที่สืบเนื่องกับคำพูด และถ้ารอยนูนแองกูลาร์ในสมองซีกซ้ายมีระดับการทำงานที่สูงกว่า ทักษะเลขคณิตในบุคคลนั้นก็จะมีสมรรถภาพมากกว่า Superior Parietal Lobule (สมองกลีบข้างย่อยด้านบน) สมองกลีบอินซูลา (Insular Lobe) เป็นส่วนของคอร์เท็กซ์ที่อยู่ระหว่างและถูกปกคลุมด้วยสมองกลีบขมับและสมองกลีบข้าง ในบางตำราแยกคอร์เท็กซ์นี้ออกเป็นกลีบหนึ่งของสมอง และบางที่จัดกลุ่มกลีบนี้กับโครงสร้างลิมบิก ที่อยู่ลึกลงไปในสมองในกลีบลิมบิก (Limbic Lobe)

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปัญญาสมานกาย มีดังนี้

Mahon and Caramazza (2008, p. 67) ผลการวิจัยมีสมมติฐานทางปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) 3 ประเภท คือ 1) ระบบประสาทสั่งการ (Motor System) สามารถใช้งานได้โดยอัตโนมัติในระหว่างการรับรู้และแนวความคิดการประมวลผลทางความคิด 2) การเริ่มใช้งานในระบบประสาทสั่งการ สามารถส่งผลไปสู่แนวคิดและระดับการรับรู้ของการประมวลผล และ 3) การประมวลผลทางภาษาอาจทำให้เกิดการกระตุ้นระบบประสาทสั่งการ และระบบประสาทสัมผัส

Esopenko (2011) ได้ศึกษาทางประสาทวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการตรวจสอบวิทยาการทางปัญญาของปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีปัญญาสมานกายว่ากระบวนการรู้คิดทางปัญญา (Cognition) มาจากเป็นพื้นฐานร่างกายและสมองพัฒนาที่ขึ้นเนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและพัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวกในการประมวลผลการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor Processing) เป้าหมายหนึ่งของการวิจัยปัญญาสมานกาย คือการกำหนดวิธีการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการจัดเก็บและประมวลผลความหมายข้อมูล การศึกษาการทำงานของสมองจากเทคนิคการสร้างภาพสมอง (Neuroimaging) ล่าสุดพบว่า การรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) และสมองส่วน Premotor Cortices ซึ่งอยู่ในสมองกลีบหน้าผากด้านหน้าของ Primary Motor จะทำงานเมื่อมีการกระตุ้นระบบรับความรู้สึกทางกาย (Somatotopically) เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องกับการกระทำ นอกจากนี้การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ ได้ให้หลักฐานในการสนับสนุนทฤษฎีปัญญาสมานกาย ทางคุณสมบัติของการกระตุ้นการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของภาษา เป้าหมายของการวิจัยในปัจจุบันคือเพื่อให้มีการตรวจสอบทฤษฎีใหม่และครอบคลุมเกี่ยวกับด้านปัญญาสมานกาย โดยการผสมผสานกันของกระบวนทัศน์จากการทดลองหลายแบบ ทำการทดลอง การสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก (fMRI) หลายรูปแบบ การดำเนินการทดลองพฤติกรรมกับกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี เช่นเดียวกับการศึกษาพฤติกรรมของสองบุคคลที่ได้รับการผ่าตัดซีกซ้ายหรือขวา ผลการทดลองที่ได้จากเทคนิคการสร้างภาพสมอง แสดงให้เห็นว่ามีบริเวณที่ใช้งานการทำงานร่วมกัน ระหว่างระบบประสาททางด้านการเคลื่อนไหว (Motor Movements) และการประมวลผลความหมาย (Semantic Processing) การรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) และบริเวณ Premotor ที่มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนและขา ตอบสนองต่อความรู้เกี่ยวกับความหมายของการกระทำแขนและขา ผลการวิจัยเหล่านี้สอดคล้องกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบประสาทสั่งการการเคลื่อนไหว (Motor System) มีส่วนเกี่ยวข้องในการประมวลผลข้อมูลด้านการรับรู้ความหมาย ผลการศึกษาทางพฤติกรรมศาสตร์ยังสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่แสดงให้เห็นว่ารูปภาพสามารถเข้าถึงเกี่ยวกับการความรู้ความหมาย นอกจากนี้ผลการศึกษาพฤติกรรมผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางสมองครึ่งซีก (Hemispherectomy) มีหลักฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขจำเป็นของซีกซ้ายและซีกขวา เมื่อตอบสนองเกี่ยวกับการรู้ความหมายของแขนและขา ผลการวิจัยสุดท้ายแสดงให้เห็นว่าการประมวลผลภาษามีพื้นฐานมาจากการปฏิสัมพันธ์ทางร่างกายและการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว ผลที่ได้นำไปสู่ความก้าวหน้าของทฤษฎีปัญญาสมานกาย

Kucian et al. (2011, p. 782) ได้ศึกษาการฝึกระบบประสาทในเด็กที่มีพัฒนาการผิดปกติทางคณิตศาสตร์ (Developmental Dyscalculia: DD) เป็นความบกพร่องในการเรียนรู้ด้าน

ทักษะทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่มีสติปัญญาปกติ และการศึกษาในโรงเรียนที่เหมาะสมกับอายุ (ความชุก 3-6%) ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ คือ การพัฒนา การเข้าถึงโดยอัตโนมัติของการแสดงตัวเลข เด็กหลายคนที่เป็นโรค DD แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการที่ด้อยกว่าเด็กปกติของจำนวนเส้นประสาท การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงการพัฒนา และการเข้าถึงเส้นตัวเลขเลขในใจ เด็ก 16 คนที่เป็นโรค DD อายุ 8-10 ปีและเด็กที่ได้รับการพัฒนาความบกพร่องด้วยการจับคู่ ฝึกคอมพิวเตอร์ครบ 5 สัปดาห์ เด็กทุกคนเล่นเกม 15 นาทีต่อวันเป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์ ประสิทธิภาพของการฝึกอบรมได้รับการประเมินโดยการทดสอบทางประสาทวิทยาและการสร้างภาพโดยกิจด้วยเรโซแนนท์แม่เหล็ก (fMRI) ระหว่างการทำแบบทดสอบเส้นจำนวน โดยทั่วไปแล้วเด็กที่มีและไม่มีอาการแสดงให้เห็นประโยชน์จากการฝึกอบรมที่ระบุโดย 1) การแสดงตัวเลขเชิงพื้นที่ที่ดีขึ้น และ 2) ปัญหาจำนวนทางคณิตศาสตร์แก้ไขได้อย่างถูกต้อง เกี่ยวกับความแตกต่างของกลุ่มในการกระตุ้นสมองเด็กปกติกับ เด็กDD แสดงการใช้การกระตุ้นงานน้อยลง มีน้อยลงในบริเวณขม่อมทั้งสองข้าง (Bilateral Parietal Regions) ซึ่งสะท้อนถึงความผิดปกติของระบบประสาทในบริเวณที่สำคัญในการประมวลผลจำนวน ทั้งสองกลุ่มแสดงให้เห็นว่ามีการใช้พื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องลดลงสำหรับการประมวลผลจำนวน หลังการฝึก ซึ่งสามารถนำมาประกอบกับการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการทางปัญญาที่จำเป็นสำหรับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นถึงการฟื้นฟูบางส่วนของการกระตุ้นสมองที่ไม่เพียงพอในการ Dyscalculics หลังจากรวมผลการศึกษาที่ได้มาและการแสดงตัวเลขที่ละเอียด ผลการศึกษาระบุว่าการฝึกอบรมนำไปสู่การเป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ที่ดีขึ้นของจำนวนเส้นประสาทและการปรับการกระตุ้นระบบประสาทซึ่งทั้งอำนวยความสะดวกในการประมวลผลของการคิดคำนวณ ซึ่งจุดเด่นของงานวิจัยนี้ ชี้ให้เห็น ผลการประเมินผลโครงการฝึกอบรมสำหรับเด็กที่มีภาวะ Dyscalculia ผลการฝึกอบรมการแสดงตัวเลขเชิงพื้นที่ การประมวลผลจำนวนที่ดีขึ้นหลังจากการฝึกอบรม การกระตุ้นการทำงานของสมองหลังการฝึก

Link, Moeller, Huber, Fischer, and Nuerk (2013) การคิดคำนวณขั้นพื้นฐาน เช่นการแสดงขนาดเชิงพื้นที่แทนตัวเลขดูเหมือนจะพัฒนาขึ้นในช่วงวัยเด็ก และสามารถทำนายความสามารถทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง นอกจากนี้แนวคิดของปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ดูเหมือนว่าข้อสรุปที่ปรากฏถึงการแสดงออกอาจขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทางร่างกาย โปรแกรมปัญญาสมานกายทีนำมาใช้ได้รับการพัฒนา โดยระบุถึงการแสดงขนาดเชิงพื้นที่แทนตัวเลขนักเรียนระดับประถมศึกษาได้รับการฝึกอบรมเพื่อระบุตำแหน่งของจำนวนที่กำหนดโดยการเดินไปยังตำแหน่งโดยประมาณของตัวเลขนั้นบนเส้นจำนวนบนพื้น การฝึกนี้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับการฝึกจำนวนบรรทัดที่เหมือนกัน โดยไม่ต้องผ่านประสบการณ์ทางร่างกายในแบบเฉพาะตัวของงานฝึก ผลการฝึกอบรมที่เด่นชัดแสดงให้เห็นว่า หลังจากการฝึกที่โปรแกรมสมานกายเกิดการเปลี่ยนแปลงหลังจาก

การฝึกอบรมมากกว่าฝึกแบบการควบคุม ผลการฝึกอบรมอาจแตกต่างกันบางส่วนของสมรรถนะเชิงตัวเลขที่เฉพาะเจาะจงเมื่อไม่ได้รับการฝึกอบรมโดยตรง ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้ ยืนยันประโยชน์ของกระบวนการปัญญาสมานกาย สำหรับการฝึกการแสดงออกขององค์ความรู้ที่เป็นนามธรรมโดยทั่วไป และสำหรับการปรับปรุงการเป็นตัวแทนเชิงตัวเลขขั้นพื้นฐานโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาผลของการวิเคราะห์ใหม่ ต้องแก้ไขการตีความ ผลการวิเคราะห์นี้ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลการฝึกอบรมที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับการปรับปรุงตัวเลขดิบและมาตรฐานสำหรับเด็กในการประมาณจำนวนบรรทัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกอบรมทั้งสองแบบนี้ ประกอบด้วยการควบคุมซึ่งมีผลประโยชน์ที่น่าเชื่อถือ แต่มีประโยชน์เทียบเท่ากับผลการประมาณตัวเลขของเด็ก ตามการวิเคราะห์เดิมการมีปฏิสัมพันธ์กับความสามารถในการรับรู้ความเข้าใจทั่วไปร่วมกันแสดงให้เห็นว่าการของกระบวนการปัญญาสมานกาย อาจเหมาะสำหรับเด็กที่มีความสามารถทางสติปัญญาต่ำกว่าปกติ

Link et al. (2013) ได้ศึกษาการคำนวณตัวเลขขั้นพื้นฐาน เช่น ภาพพื้นที่แสดงขนาดจำนวน ซึ่งพัฒนาขึ้นในช่วงวัยเด็ก และใช้ทำนายความสามารถทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง นอกจากนี้แนวคิดของปัญญาสมานกายแสดงให้เห็นว่าสิ่งทีเกิดขึ้นเกิดจากประสบการณ์ทางร่างกาย โปรแกรมปัญญาสมานกายที่ใช้แทรกแซงได้รับการพัฒนาโดยมุ่งถึงภาพพื้นที่แสดงขนาดจำนวน นักเรียนระดับประถมศึกษาได้รับการฝึกเพื่อระบุตำแหน่งของจำนวนที่กำหนดโดยการเดินไปยังตำแหน่งโดยประมาณของตัวเลขนั้นบนเส้นจำนวนบนพื้น การประมาณจำนวนในเส้นแสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของเส้นตัวเลขในใจของเด็กพัฒนาขึ้นตามอายุ และประสบการณ์ ตอนแรกเด็กมักจะประเมินค่าตำแหน่งเชิงพื้นที่ของตัวเลขที่ที่น้อยกว่าจำนวนจริง (เช่น เลือกระยะการประมาณ 10 ที่ตำแหน่งประมาณ 40 อยู่ในช่วง 0-100) การฝึกนี้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับการฝึกจำนวนบรรทัดที่เหมือนกันโดยไม่มีประสบการณ์ที่ใช้ร่างกายเต็มรูปแบบเฉพาะตัวของโปรแกรมปัญญาสมานกาย เด็กแสดงให้เห็นถึงผลการพัฒนาที่ได้จากการฝึกอย่างชัดเจนหลังจากการใช้โปรแกรมปัญญาสมานกายมากกว่าหลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการควบคุม ผลการฝึกที่แตกต่างกันเหล่านี้ บางส่วนทั่วไปด้านการคำนวณตัวเลขที่เฉพาะเจาะจงไม่ได้รับการฝึกโดยตรง ด้วยเหตุนี้ข้อมูลเหล่านี้จะยืนยันผลที่ได้ของกระบวนการปัญญาสมานกายในการฝึกการแสดงออกขององค์ความรู้โดยทั่วไปและสำหรับการปรับปรุงการเป็นภาพพื้นที่แสดงขนาดจำนวนขั้นพื้นฐาน

Shaki and Fischer (2014) ได้ศึกษาทิศทางของอิทธิพลระหว่างการใช้แนวคิดและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันซึ่งยังไม่ชัดเจน ตรวจสอบปัญหาการเชื่อมโยงระหว่างหมายเลขขนาดเล็กหรือใหญ่ และพื้นที่ซ้ายหรือขวาระหว่างการเดิน โดยศึกษาในวัยผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี เพื่อสร้างตัวเลขสุ่มขณะที่พวกเขาทำเปลี่ยนด้าน พบว่า 1) มีการคาดการณ์การตัดสินใจเลี้ยว โดยไม่กี่ตัวเลขล่าสุดที่สร้างขึ้นก่อนที่จะเปลี่ยนความคิด 2) การตั้งใจที่

จะเลี้ยวซ้ายหรือขวา ทำให้เข้าใจการตัดสินใจเกี่ยวกับตัวเลขขนาดเล็กหรือใหญ่ได้มากขึ้น และ 3) ขนาด แต่ไม่ใช่คำสั่งของตัวเลขที่นำเสนออย่างเป็นทางการมีอิทธิพลต่อการเลือกเลี้ยว

การสุ่มเดินตามเส้นหมายเลขบนเส้นจำนวนในใจ พบว่าผู้เข้าร่วมที่สร้างตัวเลขสุ่มในขณะที่เดินได้ตัวเลขที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่ามากก่อนที่จะตัดสินใจไปทางซ้ายหรือขวาตามลำดับ ที่สำคัญ การกำหนดทิศทางการเลี้ยวก่อนมีผลต่อขนาดเฉลี่ยของจำนวนที่สร้างขึ้นแบบสุ่มแสดงถึงอิทธิพลแบบสองทิศทางของตัวเลขและพื้นที่ ภายในการวิจัยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวที่เพิ่มมากขึ้นตั้งแต่การเคลื่อนไหวของนิ้วมือละเอียดไปจนถึงการเคลื่อนไหวทั้งหมดของร่างกายการฝึกเชิงตัวเลขสามารถนำมารวมกันได้ ในแนวทางใหม่ในการเรียนรู้เชิงตัวเลขซึ่งเกี่ยวข้องกับงานเฉพาะการเคลื่อนไหวทั้งร่างกายเราใช้ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวทางซ้ายกับตัวเลขที่เล็กกว่า และการเคลื่อนไหวทางด้านขวาด้วยตัวเลขที่มีขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็ก ผลการวิจัยนี้มีอิทธิพลแบบสองทิศทางระหว่างการใช้กลไกการเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติ (Motor Activation)และชี้ไปที่แนวคิดแบบลำดับชั้นด้วยการกระตุ้นกลไกการเคลื่อนไหว

Smith (2014, pp. 95-106) ได้ศึกษาการเรียนรู้เรื่องมุมผ่านการเคลื่อนไหว: การดำเนินการที่สำคัญสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้ผ่านทักษะปัญญาสมานกาย โดยผู้ฝึกจินตภาพทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Imagery Trainer: MIT) มีการออกแบบการสอนที่มีปฏิสัมพันธ์กับทักษะปัญญาสมานกาย เพื่อช่วยให้นักเรียนที่เรียนรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับความเท่าเทียมกันของเศษส่วน (เช่น 2/3 = 4/6) ผู้ฝึกจินตภาพคณิตศาสตร์ใช้หลักการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ทางกระบวนการทางปัญญาว่า แนวคิดทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการจินตนาการของภาพแบบไดนามิก (แสดงออกถึงการเคลื่อนไหว) ซึ่งได้มาจากการวางแผนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการดำเนินการเคลื่อนไหวร่างกาย วิธีการวิจัยที่ใช้การออกแบบและการรายงานผลการสัมภาษณ์ทางคลินิกกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ที่มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา โดยมีประเด็นการวิจัยดังนี้ 1) ประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวทางร่างกายที่เกี่ยวข้องกับมุมที่มีการพัฒนาเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดสอบ และ 2) การดำเนินการใดในระหว่างการเรียนรู้ด้านร่างกายอาจเป็นประโยชน์ต่อการสนับสนุนผลประโยชน์ในการเรียนรู้ งานที่พัฒนาการเรียนรู้เรื่องมุม ควบคุมด้วยการเคลื่อนไหวโดยใช้โปรแกรม Kinect for Windows โปรแกรมใช้ Kinect Motion Sensing อุปกรณ์เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของร่างกายและแปลเป็นภาพเคลื่อนไหวบนหน้าจอวิดีโอออกแบบงานโดยมีวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ 2 ข้อคือ 1) พัฒนาความเข้าใจในการวัดมุม จึงต้องการให้นักเรียนสามารถประมาณขนาดของมุมได้เป็นองศาเพื่อให้สามารถร่างมุมได้ และ 2) รู้จักและสร้างการแสดงมุมทั้งแบบคงที่และแบบไดนามิก ในการฝึกนักเรียนยืนอยู่หน้าแถบเซ็นเซอร์ Kinect เซ็นเซอร์ใช้กล้อง RGB และเซ็นเซอร์วัดความลึกเพื่อติดตามร่างกายของนักเรียน Kinect ป้อนตำแหน่งของแขนนักเรียนไปยังโปรแกรมซึ่งใช้ตำแหน่งเพื่อกำหนดตำแหน่งมุมของแขนของพวกเขาเปลี่ยนสีของ

หน้าจอที่ฉายอยู่ด้านหน้าของพวกเขา มุมแหลมทำให้หน้าจอเปลี่ยนเป็นสีชมพู มุมป้านทำให้หน้าจอสีเหลือง มุมป้านทำให้หน้าจอมีสีฟ้าและมุมตรงทำให้หน้าจอสีน้ำเงินเข้ม สรุปว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ที่เข้าร่วมการเรียนรู้โดยใช้ร่างกายปฏิบัติกิจกรรมได้ผลลัพธ์นี้ดีขึ้น เนื่องจากการพัฒนาความเข้าใจในแนวความคิดเกี่ยวกับมุมในวัยเด็กเป็นสิ่งจำเป็น

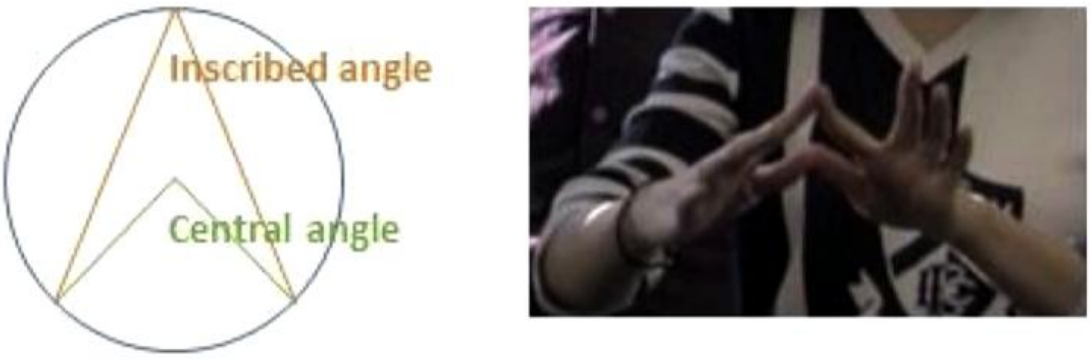
Anelli et al. (2014, pp. 1-5) วิธีการเดินเล่นเพื่อให้ทักษะทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น: ความรู้ทางปัญญาสมานกายทำงานประสานกันกับสมอง ผลการวิจัยพบว่า ทักษะทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองดีขึ้นมาก จากการฝึกเพิ่มตัวเลขเมื่อเลี้ยวขวาและลบตัวเลขเมื่อเลี้ยวซ้าย การค้นพบนี้เติมเต็มและขยายผลผลก่อนหน้านี้ เผยให้เห็นว่าทิศทางของการเคลื่อนไหวของร่างกายไม่เพียงแต่มีอิทธิพลขนาดจำนวนในทักษะทางคณิตศาสตร์ แต่ยังฝึกกระบวนการคำนวณที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่ตัวเลขในรูปแบบอื่น ๆ การเคลื่อนไหวตามโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยเราแยกแยะปัญหาได้ดีกว่าการนั่งนิ่ง การวิจัยอื่น ๆ ได้แสดงให้เห็นประสบการณ์การเคลื่อนไหวเป็นระยะช่วยด้านการคำนวณได้เหมือนกันทั้งหมด ซึ่งหมายความว่าหากคุณต้องการคำนวณค่าใช้จ่ายของคุณในแต่ละเดือนลองขับรถไปรอบ ๆ ละแวกนั้นและเลี้ยวไปทางขวา หรือถ้าคุณอยู่ในระหว่างการวิ่งและจำไม่ได้ว่าคุณอยู่ไกลแค่ไหนให้มุ่งหน้าไปทางซ้ายเพื่อลบจากระยะทางที่คุณต้องการ

Laura, Paola, and Filippo (2015, pp. 3805-3806) ได้ศึกษาผลของกระบวนการเรียนรู้ทางปัญญาสมานกาย (Embodied Processes) ที่เกี่ยวข้องกับทางคณิตศาสตร์และทักษะพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Gross Motor Skills) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเริ่มต้นจากกรอบทฤษฎีที่ได้จากการการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ประเมินความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างทักษะพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่ และคะแนนประเมินที่โรงเรียน จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ คือการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และผลลัพธ์ของการทดสอบพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Test of Gross Motor Development) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่น่าสนใจระหว่างตัวแปรทั้งสองนี้ นอกเหนือจากการนำเอาทฤษฎีการเรียนรู้ทางปัญญาสมานกายมาใช้เพิ่มทักษาทางปัญญาแล้ว จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ได้รับการสร้างมาอย่างดี ได้มาตรฐาน รวมถึงทักษะพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่ขั้นพื้นฐานอีกด้วย ความสำคัญในการศึกษามุ่งเป้าไปที่การประเมินคุณภาพของการประสานการพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่ขั้นพื้นฐาน กำหนดการพัฒนาเป็นการใช้ความชำนาญมากขึ้นของร่างกายทั้งหมดในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ และต้องมีการประสานงานการเคลื่อนไหวพร้อมกันในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

Dackermann (2017, p. 1) หลักการพื้นฐานของปัญญาสมานกาย คือ ความคิดไม่ใช่สิ่งที่แยกออกจากร่างกาย กิจกรรมที่ได้รับอิทธิพลจากร่างกายและสมองที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ความรู้จากการค้นคว้าทางปัญญาสมานกาย พบว่าการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น หันศีรษะไปทางซ้ายหรือขวาเพื่อให้มีอิทธิพลต่อการสร้างตัวเลข มีการสร้างตัวเลขที่เล็กลงเมื่อหันศีรษะ ไป

ทางซ้ายเมื่อเทียบกับการหมุนไปทางขวา ข้อสังเกตของการเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมการเคลื่อนไหวและกระบวนการทางปัญญา มีหลักฐานเชื่อมโยงการประมวลผลตัวเลขไปยังกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวเลขที่ใช้งานง่ายที่สุดอย่างหนึ่งคือการใช้นิ้วมือ ตัวอย่างเช่น ในการนับ แนวคิดการฝึกปัญญาสมานกายจึงกำหนดการฝึกเพื่อให้ได้ประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมของแนวคิดทักษะคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่เฉพาะเจาะจง (เช่น จำนวนตัวเลข) สิ่งสำคัญที่สุดคือกำหนดว่า การเคลื่อนไหวของร่างกายควรตรงกับเนื้อหาที่ได้รับการฝึกฝนโดยเฉพาะ แทนที่จะเป็นการไม่เจาะจงเกี่ยวกับเนื้อหาที่ผ่านการฝึก พิจารณาโครงสร้างลำดับชั้นของความรู้ทางคณิตศาสตร์ซึ่งสร้างขึ้นจากสมรรถนะเชิงตัวเลขขั้นพื้นฐานและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

Walkington (2019, p. 1) ได้ศึกษาท่าทางที่แสดงออกร่วมกับการเรียนรู้ช่วยขยายกระบวนการปัญญาทางคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า ท่าทางการแสดงออกร่วมกับการเรียนรู้ มีบทบาทสำคัญในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และเป็นตัวบ่งชี้ว่าทฤษฎีปัญญาสมานกายเรื่องความเข้าใจในการเรียนรู้และสรีระทางกายเชื่อมโยงกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้เรียนและผู้ทดลองร่วมกันการอภิปรายเรื่องคณิตศาสตร์ เช่น การอธิบายการหักล้าง และการให้เหตุผลซึ่งกันและกัน เพื่อตรวจสอบว่าการกระทำที่เป็นกระบวนการปัญญาทางคณิตศาสตร์มีผลอย่างไรต่อผู้เรียนหลายคน จากแบบทดสอบทางคณิตศาสตร์ ท่าทางท่าทางการแสดงออกร่วมกัน การแลกเปลี่ยนท่าทางที่เกิดขึ้นในขณะที่ผู้เรียนอภิปราย การเรียนรู้ร่วมกัน และสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ร่างกายของพวกเขาในการแสดงออกเพื่อบรรลุเป้าหมายร่วมกัน และสำรวจรูปแบบในการสร้างท่าทางการปฏิบัติขณะเรียนรู้ร่วมกัน การวิจัยนี้เพิ่มแนวคิดของการพูดคุยเรื่องที่สำคัญเข้ามาในการอภิปรายทางคณิตศาสตร์เพื่อพิจารณาท่าทางการเคลื่อนไหวที่สำคัญ



ภาพที่ 2-3 แสดง (ซ้าย) มุมที่ร่วม และมุมศูนย์กลางของวงกลม (ขวา) เริ่มต้นท่าทางเพื่อแสดงมุมเหล่านี้ จาก Collaborative gesture as a case of extended mathematical cognition, โดย Walkington, Chelule, Woods, and Nathan., 2016, *The Journal of Mathematical Behavior, 55*, 10068. Copyright 2019 โดย Elsevier.

ตารางที่ 2-1 ทบทวนวรรณกรรมการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย

โปรแกรมการช่วยเหลือในการทดลอง (Intervention programs)		การตอบสนองต่อระบบประสาท										
รูปแบบปัญญาสมานกาย	รูปแบบอื่น ๆ	ระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ (IPS)		ระบบสนับสนุนทั่วไป (Domain General)								ชื่อผู้แต่ง/ปีที่พิมพ์
		ระบบปัจเจกคู่ขนาน (PIS)	ระบบเชิงประมาณการ (ANS)	ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense)	ความจำระยะยาว (Long Term Memory)	ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)	ส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive Function)	ความจำขณะคิด (Working Memory)	มิติสัมพันธ์ (Visual Spatial)	ความใส่ใจ (Attention Span)	ประสาทรับสัมผัส(Sensory Gating)	
	การปรับปรุงความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเด็กปฐมวัยที่มีผลการเรียนต่ำ: โปรแกรมการฝึกอบรมเชิงสัญลักษณ์กับไม่ใช่สัญลักษณ์ - เกมจับคู่และการประมาณค่า - เกมจดจำตัวเลขและเกมนับจำนวน		✓									Van Herwegen, Costa, Nicholson, and Donlan (2018)
	การเล่นบล็อกเพื่อเพิ่มทักษะทางคณิตศาสตร์และส่วนบริหารจัดการสมองในเด็กปฐมวัย: เลือกกลุ่มควบคุมโดยการสุ่ม						✓					Schmitt, Korucu, Napoli, Bryant, and Purpura (2018)

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

โปรแกรมการช่วยเหลือในการทดลอง (Intervention programs)		การตอบสนองต่อระบบประสาท										
รูปแบบปัญญาสมานกาย	รูปแบบอื่น ๆ	ระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ (IPS)		ระบบสนับสนุนทั่วไป (Domain General)								ชื่อผู้แต่ง/ปีที่พิมพ์
		ระบบปัญญาจำนวน (PIS)	ระบบเชิงประมาณการ (ANS)	ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense)	ความจำระยะยาว (Long Term Memory)	ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)	ส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive Function)	ความจำขณะคิด (Working Memory)	มิติสัมพันธ์ (Visual Spatial)	ความใส่ใจ (Attention Span)	ประสาทรับสัมผัส(Sensory Gating)	
	การจัดรูปแบบการพัฒนาคณิตศาสตร์ขั้นต้นและทักษะด้านมิติสัมพันธ์ - การสร้างรูปแบบมิติสัมพันธ์ - การประเมินของครู - ทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)							✓	✓			Rittle-Johnson, Zippert, and Boice (2018)
	การเพิ่มความแม่นยำของระบบเชิงประมาณการ (ANS) ของเด็กปฐมวัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงสัญลักษณ์ - แบบทดสอบระบบเชิงประมาณการ - แบบทดสอบจำนวนเชิงสัญลักษณ์		✓									Wang (2016)

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

โปรแกรมการช่วยเหลือในการทดลอง (Intervention programs)		การตอบสนองต่อระบบประสาท										
รูปแบบปัญญาสมานกาย	รูปแบบอื่น ๆ	ระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ (IPS)		ระบบสนับสนุนทั่วไป (Domain General)								ชื่อผู้แต่ง/ปีที่พิมพ์
		ระบบปัจเจกตู้นาน (PIS)	ระบบเชิงประมาณการ (ANS)	ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense)	ความจำระยะยาว (Long Term Memory)	ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)	สวนบริหารจัดการสมอง (Executive Function)	ความจำขณะคิด (Working Memory)	มิติสัมพันธ์ (Visual Spatial)	ความใส่ใจ (Attention Span)	ประสาทรับสัมผัส(Sensory Gating)	
กระบวนการตามรูปแบบปัญญาสมานกายที่สัมพันธ์กับปัญญาทางคณิตศาสตร์และทักษะกล้ามเนื้อมัดใหญ่ - กิจกรรมทางกายภาพ						✓		✓				Laura (2015)
การเดินตามเส้นจำนวน: การฝึกตามแนวคิดปัญญาสมานกาย - แบบทดสอบการประมาณเส้นจำนวน - ทดสอบเพิ่มเติมด้วยคอมพิวเตอร์ - แบบทดสอบเปรียบเทียบเชิงสัญลักษณ์และไม่ใช่สัญลักษณ์				✓					✓			Link (2013)

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

โปรแกรมการช่วยเหลือในการทดลอง (Intervention programs)		การตอบสนองต่อระบบประสาท										
รูปแบบปัญญาสมานกาย	รูปแบบอื่น ๆ	ระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ (IPS)		ระบบสนับสนุนทั่วไป (Domain General)								ชื่อผู้แต่ง/ปีที่พิมพ์
		ระบบปัจเจกตู้นาน (PIS)	ระบบเชิงประมาณการ (ANS)	ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense)	ความจำระยะยาว (Long Term Memory)	ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)	ส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive Function)	ความจำขณะคิด (Working Memory)	มิติสัมพันธ์ (Visual Spatial)	ความใส่ใจ (Attention Span)	ประสาทรับสัมผัส(Sensory Gating)	
การพัฒนากลยุทธ์ทางคณิตศาสตร์ที่กับกระบวนการทางปัญญาด้านระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ และระบบสนับสนุนทั่วไป: การศึกษาระยะยาวในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ - การคิดเลขหลักเดียว - การเปรียบเทียบค่าตัวเลข				✓				✓				Vanbinst, K., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2014)
ผลของหนังสือนิทานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของเด็กอนุบาลและแนวทางในการเรียนรู้จากหนังสือนิทาน						✓			✓			Keat & Wilburne (2009)

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

โปรแกรมการช่วยเหลือในการทดลอง (Intervention programs)		การตอบสนองต่อระบบประสาท										
รูปแบบปัญญาสมานกาย	รูปแบบอื่น ๆ	ระบบแกนความบกพร่องด้านคณิตศาสตร์ (IPS)		ระบบสนับสนุนทั่วไป (Domain General)								ชื่อผู้แต่ง/ปีที่พิมพ์
		ระบบปัจเจกศูนย์นาน (PIS)	ระบบเชิงประมาณการ (ANS)	ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense)	ความจำระยะยาว (Long Term Memory)	ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed)	ส่วนบริหารจัดการสมอง (Executive Function)	ความจำขณะคิด (Working Memory)	มิติสัมพันธ์ (Visual Spatial)	ความใส่ใจ (Attention Span)	ประสาทรับสัมผัส(Sensory Gating)	
ผลคะแนน WISC IQ ในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ต่ำไปหรือไม่: ผลทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการช่วยเหลือเฉพาะทางหลังการสอนแบบตัวต่อตัว (PT) - ทดสอบด้านความเข้าใจคำพูด (VCI) - ทดสอบด้านการรับรู้เหตุผล (PRI) - ทดสอบด้านความเร็วในการประมวลผล (PSI) - ทดสอบด้านความจำขณะคิด (WMI) - ทดสอบระดับเชาวน์ปัญญา (FSIQ)					✓		✓					Lambert (2018)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกา เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายกับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ โดยเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรม ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นการศึกษาด้านพฤติกรรม โดยมีวิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

1.1 สังเคราะห์ประเด็นสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ออกแบบโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

1.3 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.4 การศึกษานำร่อง (Pilot Study) โปรแกรม

1.5 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ระยะที่ 2 ผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

2.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.2 แบบแผนการทดลอง

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

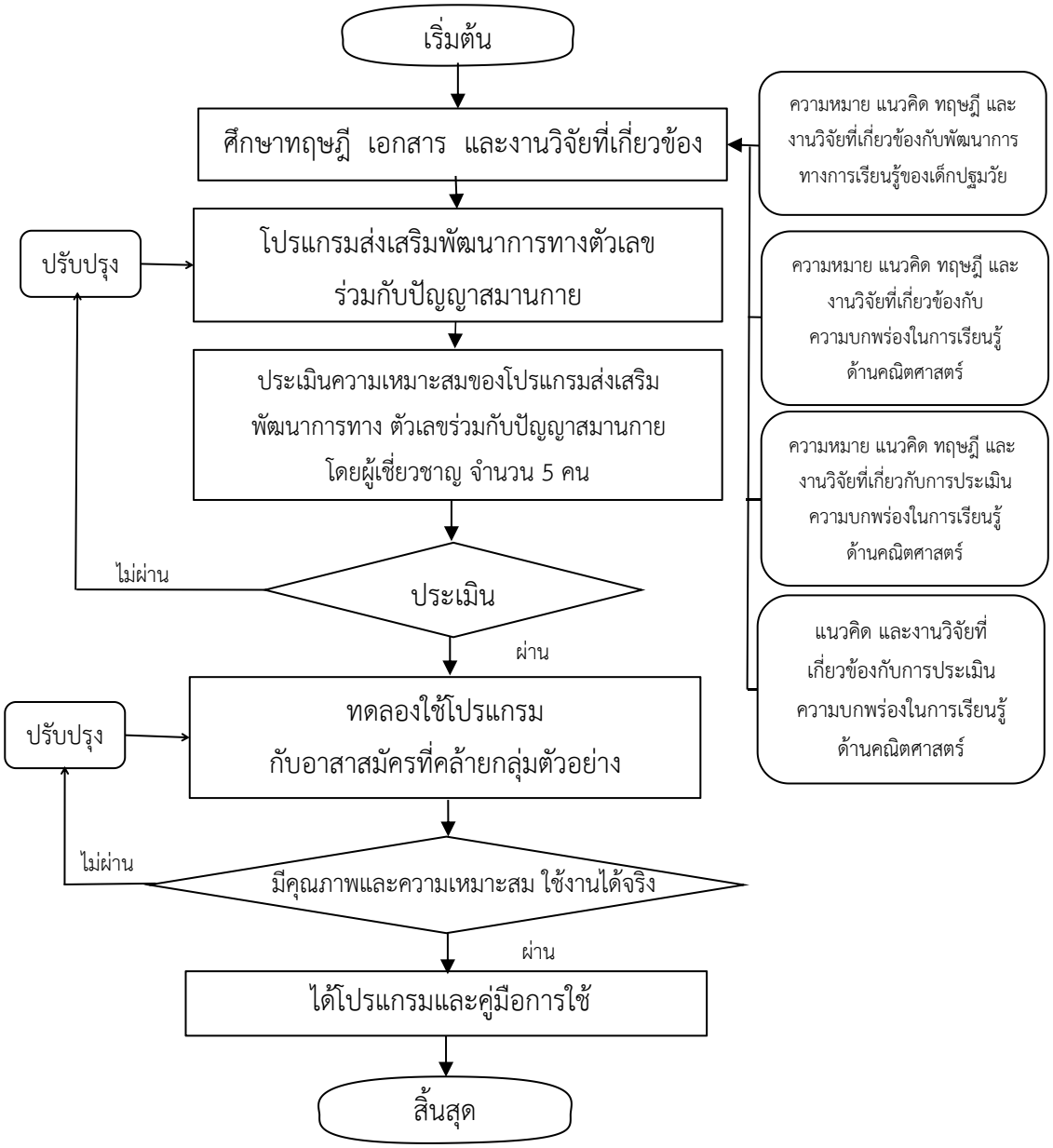
2.4 การขอความเห็นชอบและดำเนินการตามแนวทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

2.5 วิธีดำเนินการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

การพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินการ (Flow Chart) ดังภาพที่ 3-1

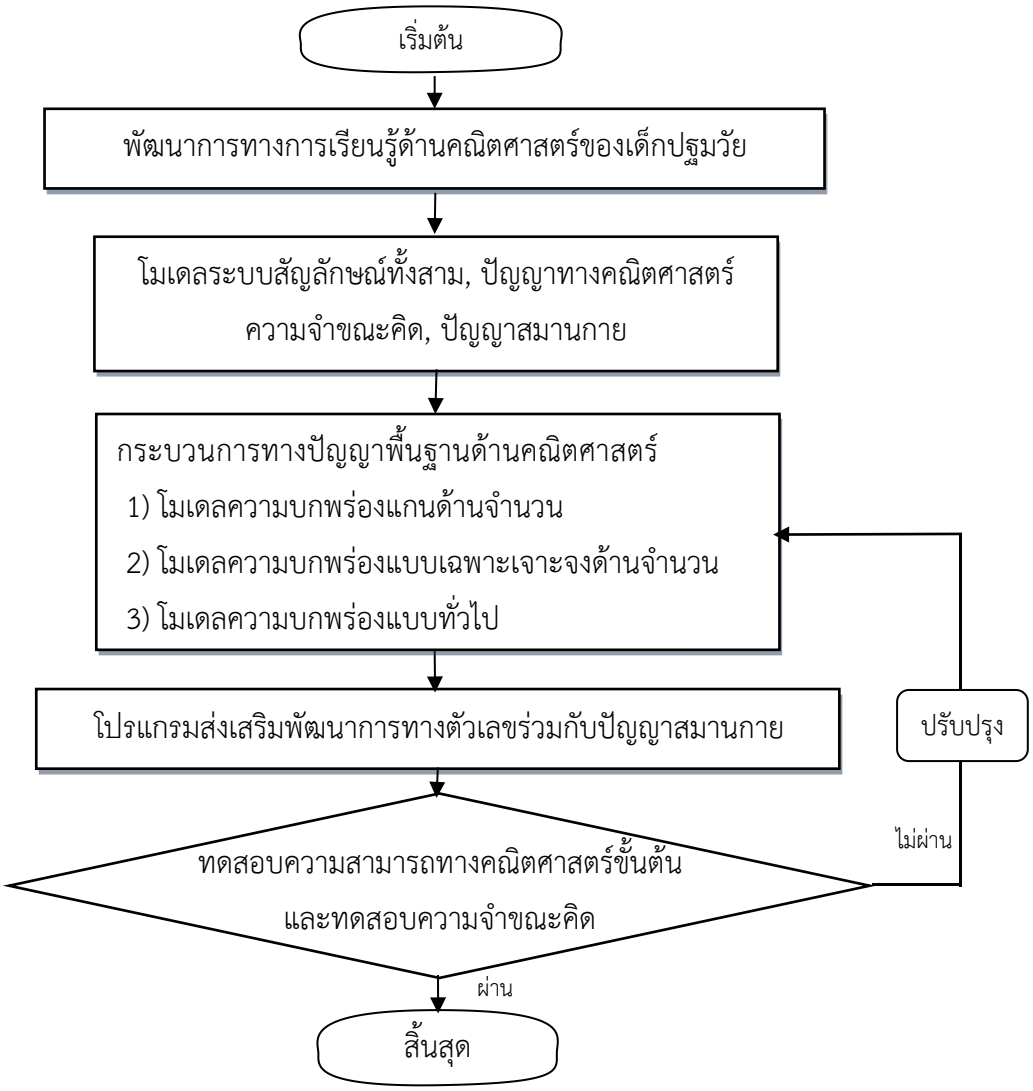


ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

จากภาพที่ 3-1 เป็นการขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้

1.1 สังเคราะห์ประเด็นสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ผู้วิจัยได้ออกแบบพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพื่อใช้เพิ่มความเข้าใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยส่วนหลักดังนี้ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ทฤษฎีทางปัญญาด้านคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) และทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

1.2 ออกแบบโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ศึกษากระบวนการจาก 1.1 ดูเนื้อหาในบทที่ 2 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ตามทฤษฎีหลักที่ได้ศึกษา เกี่ยวกับทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย พัฒนาการทางด้านการคิดและสติปัญญา (Cognitive Development**)** การคิดด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics) เด็กอายุ 4 ปี พูดคำว่า 1- 20 เรียงลำดับได้โดยไม่จำเป็นต้องทราบความหมาย อ่านตัวเลขอารบิก 1- 10 ได้ เด็กอายุ 5 ปี หยิบของตามจำนวน 6-10 ได้และบอกจำนวนได้ถูกต้อง เรียงลำดับตัวเลขอารบิกจาก 1-10 ได้ นับถอยหลังเรียงลำดับจาก 10 ไปถึง 1 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ขนาดของหน่วยความจำส่งผลโดยตรงต่อการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาในโรงเรียนอนุบาล หน่วยความจำที่เพิ่มขึ้นทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับความรู้เดิมซึ่งจะสามารถเรียกมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ขณะเรียนรู้เรื่องราวใหม่ได้ กระบวนการทางสมอง (Mental processing) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการกระตุ้นโดยการฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเด็กได้รับการฝึกซ้อมซ้ำและมีการทดสอบที่ท้าทายความสามารถ (Challenging Task) ซึ่งการปฏิบัติกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ซ้ำ ๆ เป็นวิธีหนึ่งในการช่วยกระตุ้นให้เด็กได้ฝึกใช้ประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาขณะเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติซ้ำเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ควรใช้ร่วมกันในโรงเรียนอนุบาลเพื่อพัฒนาความชำนาญในวิชาคณิตศาสตร์และภาษา (Kron-Sperl, Schneider, and Hasselhorn, 2008, p. 99)

โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model: TCM) ถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ด้านการประมวลผลเชิงตัวเลขไปจนถึงการศึกษาเชิงพัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Siemann & Petermann, 2018, pp. 106-117) เป็นโมเดลหลากหลายรูปแบบทางการประมวลผลเชิงตัวเลขโดยระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน มี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) ด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) (Kaufmann et al., 2013, pp. 106-113)

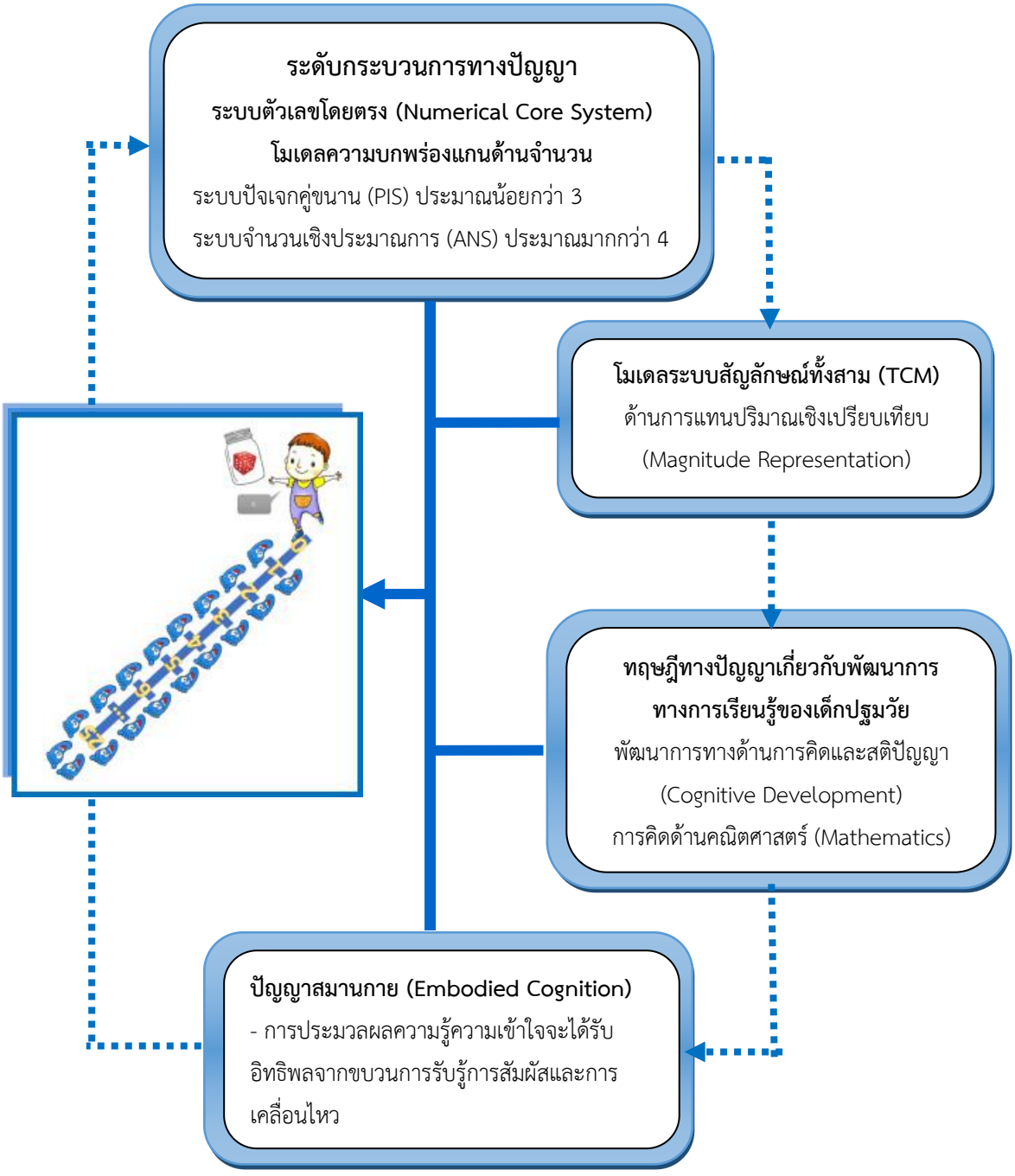
การเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของเด็ก ทั้งการเคลื่อนไหวพื้นฐานด้วยการเดิน วิ่ง กระโดด หรือ แบบโลดโผน เช่น ปีนป่าย ห้อยโหน หกคะเมน ตีลังกา ล้วนมีส่วนสำคัญในการช่วยให้กล้ามเนื้อต่าง ๆ ทำงานประสานกัน การเคลื่อนไหวพื้นฐานจะช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และระดับเชาวน์ปัญญา (Chomnapas Wangein, 2560) การกระทำทั้งหมดเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเด็กเล็กที่เริ่มเข้าใจ และปฏิบัติตามสภาพแวดล้อมของพวกเขาโดยใช้ขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตรงกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย ที่เน้นความสำคัญของข้อมูลการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Piaget & Inhelder,

1969) ทฤษฎีปัญญาสมานกาย เสนอว่ากระบวนการทางปัญญามีพื้นฐานจากการรับรู้และการกระทำของร่างกาย แนวคิดของ ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Cognitivism) กล่าวว่า กระบวนการทางปัญญาเป็นผลมาจากการใช้สัญลักษณ์นามธรรม นั่นคือการประมวลผลตามนามธรรมของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง และไม่ได้มีพื้นฐานในเหตุการณ์จริงในโลก (Pouw et al., 2014) ทฤษฎีปัญญาสมานกายชี้ให้เห็นว่ากระบวนการทางปัญญาที่สูงขึ้น เช่น คณิตศาสตร์และภาษานั้นขึ้นอยู่กับขบวนการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว ภายในระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตและรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยกำหนด ท่าทาง เวลาของรูปแบบกิจกรรมตามโปรแกรม ส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ตามพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย และสอดคล้องกับกระบวนการทางปัญญาพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ได้ 4 กิจกรรม ดังนี้

1.2.1 กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A number Recognition Activity)

มนุษย์มีวิวัฒนาการอย่างน้อยสองวิธีในการคิดคำนวณที่เกี่ยวกับตัวเลข ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) เป็นระบบที่สนับสนุนการประมาณค่าขนาดของวัตถุเป็นกลุ่ม ระบบนี้ใช้การการประมาณค่าสัญลักษณ์เพื่อสรุปชุดข้อมูลตัวเลข ซึ่งตรงข้ามกับระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System) เป็นการประมาณสัญลักษณ์ของกลุ่มตัวเลขขนาดเล็ก (<4) ซึ่งระบบปัจเจกคู่ขนาน (PIS) จะทำงานเฉพาะเมื่อต้องประมวลผลชุดที่มีจำนวนน้อย (1-3 หรือ 4) และระบบจำนวนเชิงประมาณการ (ANS) จะทำงานเฉพาะเมื่อต้องประมวลผลชุดที่มีวัตถุจำนวนมาก (Sarnecka, 2015, pp. 4-5) พัฒนาการทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นขึ้นอยู่กับการเรียนรู้เชื่อมโยงระหว่างการแทนค่าที่ไม่ใช่คำพูดของปริมาณเชิงเปรียบเทียบ (Representations of Magnitude) และวาจาเชิงสัญลักษณ์ แทนตัวเลขเป็นคำพูด (Number Words) และการแทนจำนวนด้วยสัญลักษณ์ตัวเลข (Representations of Number) การเรียนรู้ 4 ทักษะที่เชื่อมโยงกันและกระบวนการที่หลากหลายในการประเมินทางคณิตศาสตร์ก่อนหน้า (การเปรียบเทียบขนาดและการเขียนตัวเลขคณิตศาสตร์) และทักษะการอ่าน (ความรู้เสียง-ตัวอักษร) ความสัมพันธ์นี้มีความเฉพาะเจาะจงกับคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับ รูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) เน้นว่าการทำแผนที่ระหว่างการแสดงขนาดเชิงเปรียบเทียบ และรูปแบบสัญลักษณ์ที่สอดคล้องกัน (ทางวาจาและภาพ) มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ (Malone, 2019, pp. 1-9)

สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical Core Deficit Model) ดังภาพที่ 3-3



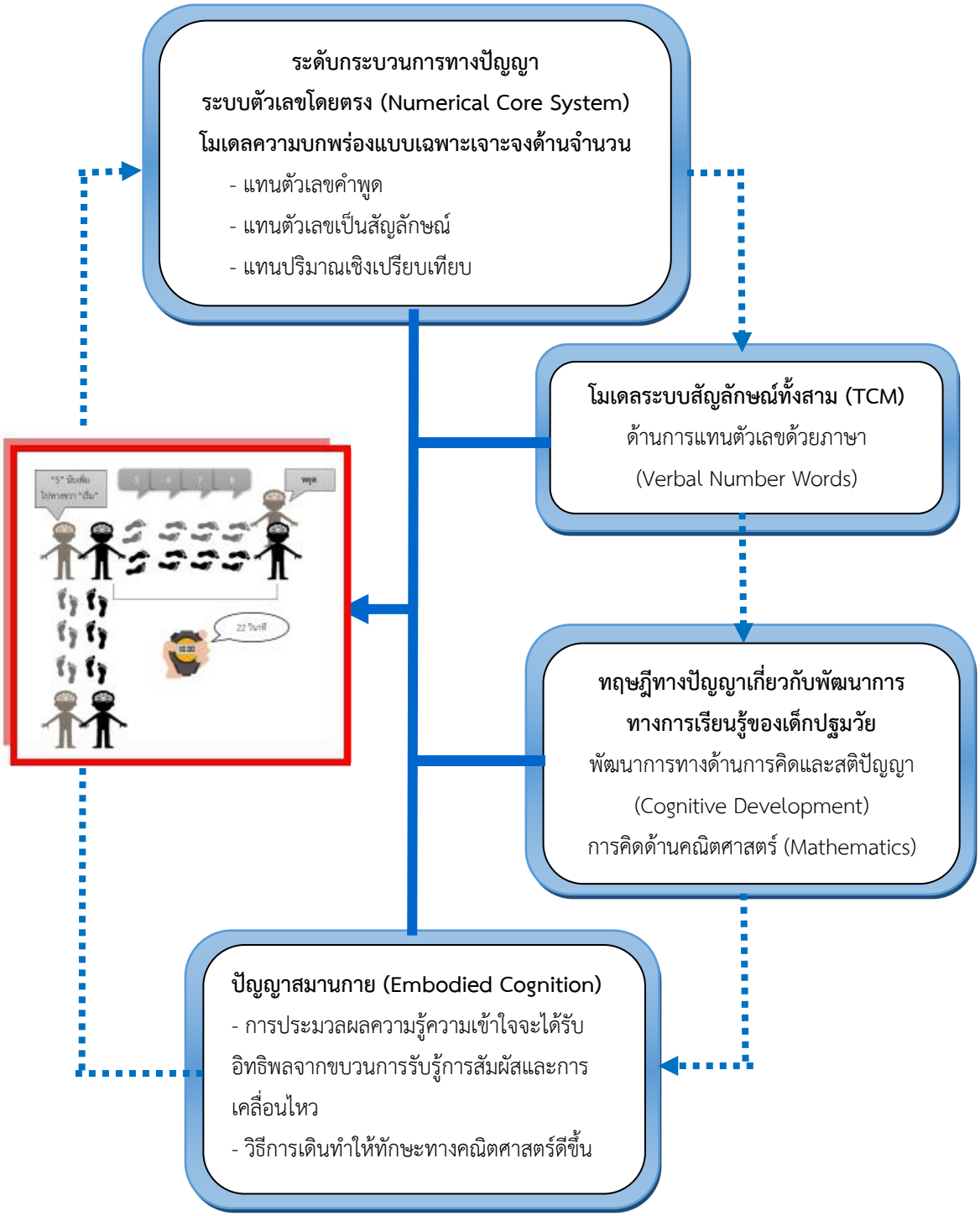
ภาพที่ 3-3 การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)

1.2.2 กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

ระบบประสาทที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) เป็นที่รู้จักกันในการตอบสนองเป็นตัวกระตุ้นตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ เช่น หมายเลขอารบิก (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) และ (2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ (ได้แก่ ความจำระยะยาว ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำขณะคิด ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจ หรือการประมวลผลด้านรับสัมผัส) (Maria Chiara Passolunghi et al., 2007, pp. 165-184)

ทิศทางของอิทธิพลระหว่างแนวคิด และรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวทางซ้ายกับตัวเลขที่เล็กกว่า และการเคลื่อนไหวทางด้านขวาด้วยตัวเลขที่มีขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็ก ผลการวิจัยนี้มีอิทธิพลแบบสองทิศทางระหว่างการใช้กลไกการเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติ (Motor Activation) และชี้ไปที่แนวคิดแบบลำดับชั้นด้วยการกระตุ้นกลไกการเคลื่อนไหว (Shaki and Fischer, 2014) วิธีการเดินเล่นทำให้ทักษะทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น โดยความรู้ทางปัญญาสมานกายทำงานประสานกันกับสมอง ทำให้ทักษะทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองดีขึ้นมาก จากการฝึกเพิ่มตัวเลขเมื่อเลี้ยวขวาและลบตัวเลขเมื่อเลี้ยวซ้าย ซึ่งทิศทางของการเคลื่อนไหวของร่างกายไม่เพียงแต่มีอิทธิพลขนาดจำนวนในทักษะทางคณิตศาสตร์ แต่ยังฝึกกระบวนการคำนวณที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่ตัวเลขในรูปแบบอื่น ๆ (Anelli, et al., 2014, pp.1-5)

สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามาออกแบบการพัฒนากิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a walk to be better at math) เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-Specific Deficit Model) ดังภาพที่ 3-4

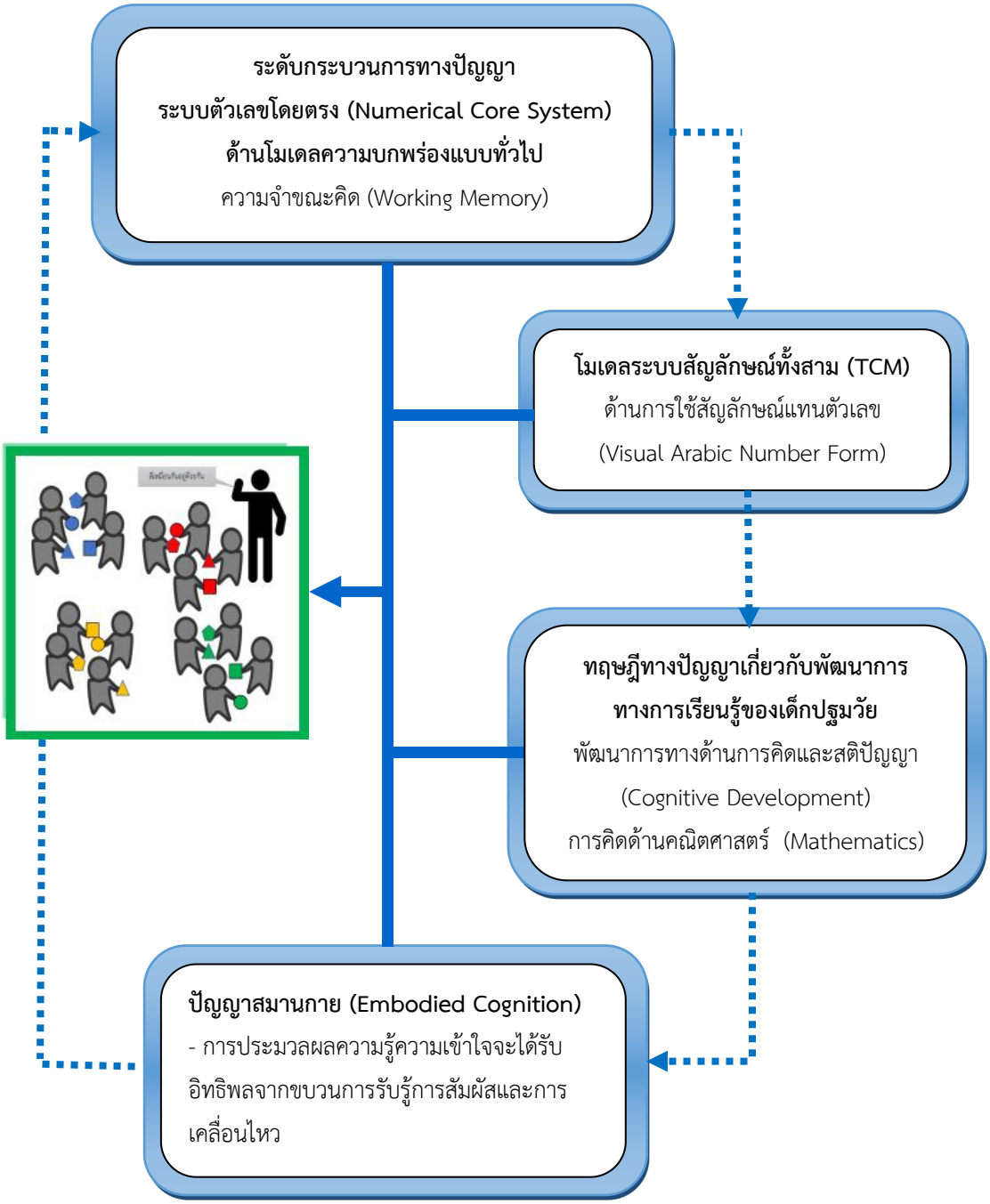


ภาพที่ 3-4 การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

1.2.3 กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) และ1.2.4 กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

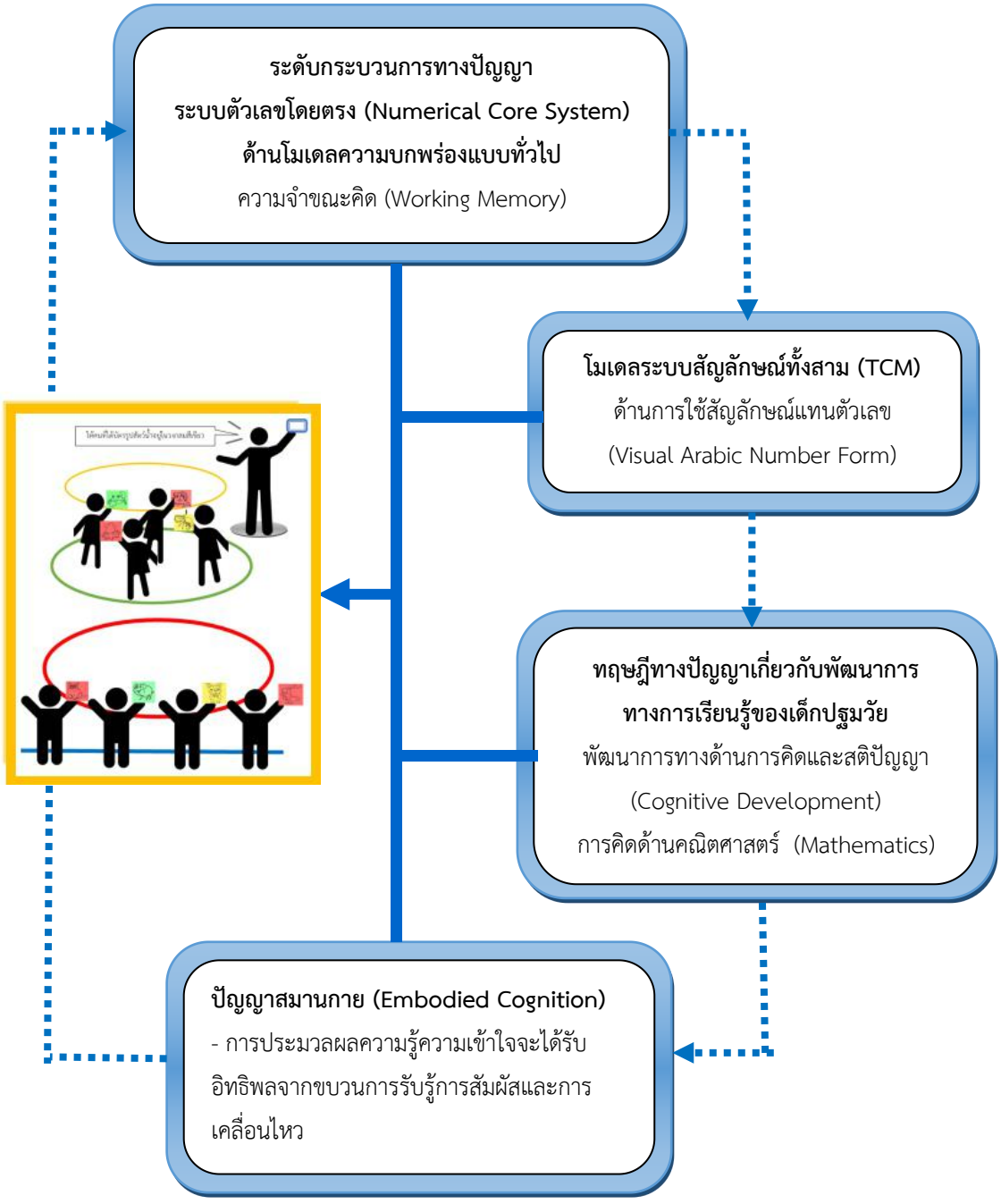
ระบบประสาทที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) เป็นที่รู้จักกันในการตอบสนองเป็นตัวกระตุ้นตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ เช่น หมายเลขอารบิก (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) และ (2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ (ได้แก่ ความจำระยะยาว ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำขณะคิด ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจ หรือการประมวลผลด้านรับสัมผัส) ข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) มีบทบาทสำคัญในการรับรู้ในระดับสูง รูปแบบความสำคัญกับหน่วยความจำขณะคิด และการนับจำนวนเป็นตัวตั้งต้นโดยตรงในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงต้น (Maria Chiara Passolunghi et al., 2007, pp. 165-184) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (Battista, 1990, pp. 47-60) มีบทบาทสำคัญต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะบนพื้นฐานของการสร้างภาพรูปทรงเรขาคณิต (Guzel & Sener, 2009, pp. 1763-1766) การศึกษาทฤษฎีการพัฒนาในวัยเด็กเป็นทั้งขับเคลื่อนด้วยการเจริญเติบโตทางโครงสร้างงสมองหรือถูกขับเคลื่อนด้วยทักษะการเรียนรู้ ตั้งสมมุติฐานที่ว่าการพัฒนาหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) ในช่วงวัยเด็กนั้นเป็นผลมาจากการฝึกเรียนรู้ที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม กลไกการทำงานของระบบประสาทที่คล้ายคลึงกันนั้นเป็นตัวผลักดันการฝึกฝนเรียนรู้ที่เกิดขึ้น (Klingberg, 2014, p. 573) ดังนั้นจึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการความเข้าใจทางภาษา การคิด การอ่าน การเรียน การใช้เหตุผล และการการคิดคำนวณต้องใช้ความจำขณะคิดเพราะช่วยในแก้ปัญหา เพื่อนำมาแปลผลและปฏิบัติการต่อ ใช้ประมวลผลกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะซับซ้อน เชื่อมโยงแนวคิดใหม่เข้ากับแนวคิดเดิม

สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามาออกแบบการพัฒนา 1.2.3 กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) และ 1.2.4 กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?) เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain General Deficit Model) ดังภาพที่ 3-5 และภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-5 การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)

1.2.4 กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)



ภาพที่ 3-6 การสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

1.3 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมปัญญาสมานกายส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย โดยผู้เชี่ยวชาญ

นำโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 5 คน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอน 10 ปี ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านกระบวนการทางปัญญา การศึกษาพิเศษ และการศึกษาปฐมวัย เพื่อประเมินความเหมาะสมในประเด็นหลัก ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และความชัดเจนของคู่มือ

คำนวณค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมจากจำนวนผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ความเหมาะสมแต่ละข้อของกิจกรรมที่ผ่านเกณฑ์ต้องมีค่า I-CVI เท่ากับ 1.00 (Lynn, 1986, pp. 382-385) จากนั้นจึงปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และค่า S-CVI/Ave ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.9 ขึ้นไป (Polit & Beck, 2006, pp. 489-497)

การพิจารณาตรวจสอบรายละเอียดแต่ละกิจกรรม ความเหมาะสมของกิจกรรม และระยะเวลาการฝึกกิจกรรม การประเมินใช้มาตราส่วนประเมินค่า 4 ระดับ ในการกำหนดระดับความคิดเห็น โดยการนำผลการประเมินมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

4 หมายถึง โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมในการเพิ่มการประมวลผลทางปัญญาที่สัมพันธ์กับปัญญาทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ในระดับมาก

3 หมายถึง โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมในการเพิ่มการประมวลผลทางปัญญาที่สัมพันธ์กับปัญญาทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมในการเพิ่มการประมวลผลทางปัญญาที่สัมพันธ์กับปัญญาทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ในระดับน้อย

1 หมายถึง โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมในการเพิ่มการประมวลผลทางปัญญาที่สัมพันธ์กับปัญญาทางคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ในระดับน้อยที่สุด

1.4 การศึกษานำร่อง (Pilot Study) โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

นำโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และคู่มือการใช้งานโปรแกรม ไปทำการศึกษานำร่องทดลองใช้กับเด็กที่กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 มีอายุระหว่าง

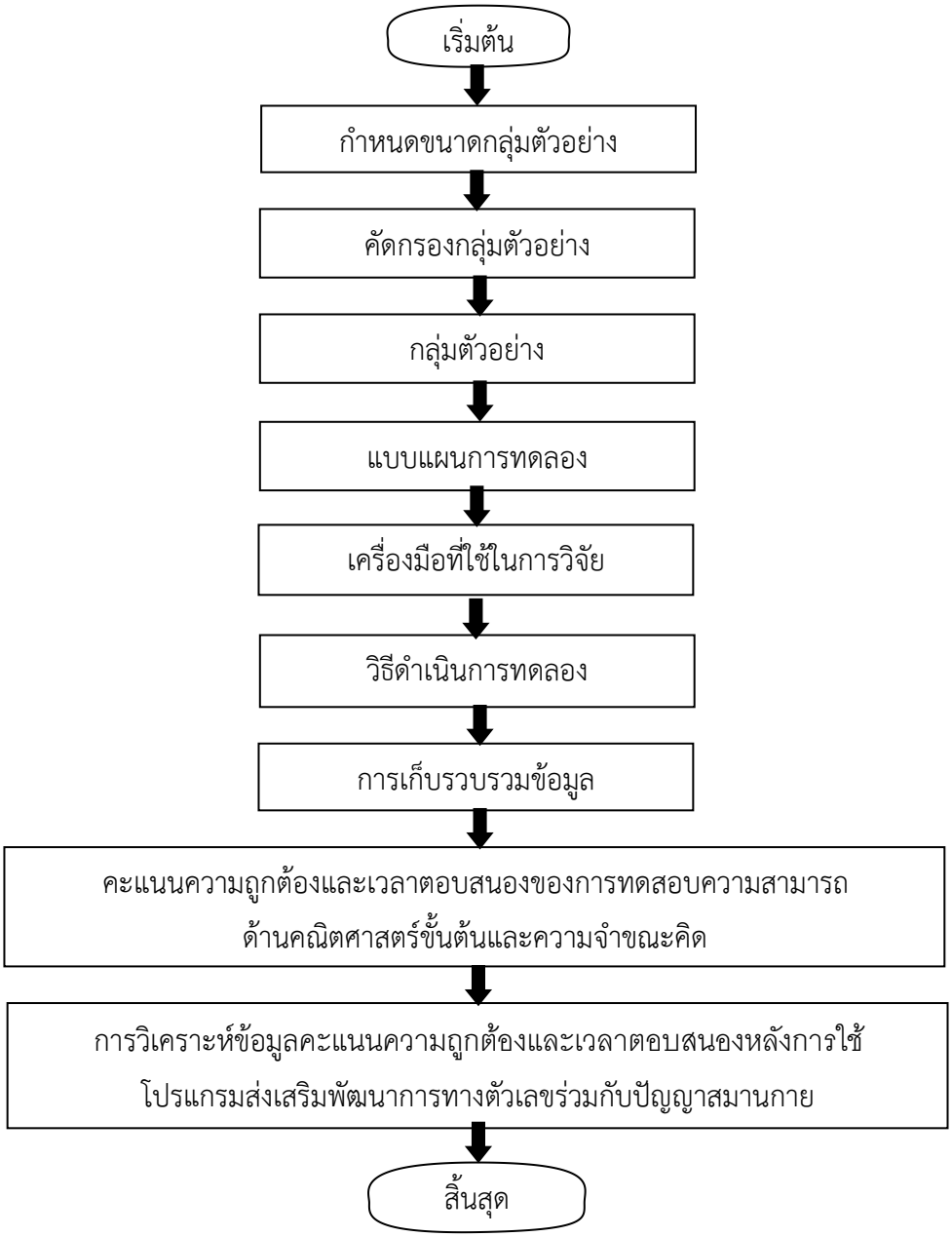
5-6 ปีที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนในอำเภอสอยดาว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2 ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 20 คน เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงของโปรแกรม

1.5 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ได้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และได้คู่มือการใช้งานโปรแกรม ดังภาคผนวก ง

ระยะที่ 2 ผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

การศึกษาผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายที่พัฒนาขึ้นและผ่านการทดลองใช้ นำมาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง สามารถแสดงขั้นตอนดำเนินการ (Flow Chart) ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการศึกษาผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

จากภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการศึกษาผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย จึงดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.1.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างจากแนวคิดการวิจัยเชิงทดลอง

จำนวนขนาดที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือสำหรับการวิจัยเชิงทดลอง ควรมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 15 คนเป็นอย่างน้อยต่อกลุ่ม และถ้ามีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ไม่น้อยกว่า 20 คนต่อกลุ่ม จะทำให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (McMillan & Schumacher, 2010) แต่ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบกับเด็กปฐมวัยซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการค่อนข้างมาก จำนวนกลุ่มตัวอย่างจึงเพิ่มจำนวนขึ้น เนื่องจากการทดลองนี้ มีจำนวน 2 กลุ่ม และมีโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะเข้าเกณฑ์คัดออก จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดการวิจัยเชิงทดลอง ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จึงมีจำนวน 100 คน

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาล 3 อายุระหว่าง 5-6 ปี ในอำเภอสอยดาว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน จำนวน 1,390 คน (สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2563) เมื่อคัดกรองแล้วได้ผู้เข้าร่วมการทดลองที่มีคุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือกตามกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ประกอบด้วย นักเรียนที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม ประกอบด้วย นักเรียนที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 50 คน

2.1.3 คุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือกตามกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย ประกอบด้วย

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) ดังนี้

1) มีช่วงอายุระหว่าง 5-6 ปี

2) ระดับเชาว์ปัญญาอยู่ในระดับ 90-110 (ฉลาดปานกลาง หรือระดับปกติ)

3) การได้ยินและการมองเห็นไม่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง

4) ร่างกายเป็นปกติไม่มีความพิการ/โรคประจำตัว หรือมีอาจความพิการ/โรคประจำตัวที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง

5) ยินดีเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) ดังนี้

1) ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ต่อเนื่อง

2) กลุ่มตัวอย่างขอร่วมยุติการทดลอง

3) กลุ่มตัวอย่างย้ายสถานศึกษา

4) มีปัญหาสุขภาพ หรืออาการเจ็บป่วย ที่ต้องรับการรักษาระหว่างการเข้าร่วมการวิจัย

2.2 แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นวิธีการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research Design) แบบ 2 กลุ่ม วัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Design) (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 33-37) โดยมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลอง

การเลือกเข้ากลุ่ม (Nonrandom Assignment)	กลุ่ม (Group)	Pretest	โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	Posttest
NR	E_1	O_{1M}/ O_{1W}	X	O_{2M}/ O_{2W}
	E_2	O_{1M}/ O_{1W}	-	O_{2M}/ O_{2W}
Time ▶				

การอธิบายความหมายของสัญลักษณ์

NR หมายถึง เลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าเข้ากลุ่มแบบเจาะจง

E_1 หมายถึง กลุ่มนักเรียนระดับอนุบาล 3 ที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ กลุ่มทดลอง

E_2 หมายถึง กลุ่มนักเรียนระดับอนุบาล 3 ที่มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ กลุ่มควบคุม

X หมายถึง โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

O_{1M} หมายถึง การทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนการทดลอง

O_{1W} หมายถึง การทดสอบความจำขณะคิดก่อนการทดลอง

O_{2M} หมายถึง การทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการทดลอง

O_{2W} หมายถึง การทดสอบความจำขณะคิดหลังการทดลอง

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย

2.3.1.1 แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) (Geary et al., 2009) แบ่งออกเป็น 2 ฉบับย่อย ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ทั้ง 2 ฉบับย่อย (Number Sets 5 และNumber Sets 9) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรง (Validity Coefficient)เท่ากับ 0.91 และ 0.86 ตามลำดับ (พีร วงศ์อุปราช, 2560, หน้า 68)

2.3.1.2 แบบประเมินการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาล หรือเด็กที่ไม่สามารถอ่านตัวเลขได้ โดยใช้ Lea Chart ของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ซึ่งเป็นแผ่นทดสอบระดับสายตา ลักษณะเป็นรูปภาพ สี่เหลี่ยม วงกลม บ้าน และแอปเปิ้ล โดยมี จำนวน 5 ภาพในแต่ละแถว แถวบนสุด ภาพจะมีขนาดใหญ่ที่สุด และขนาดค่อย ๆ ลดลงในแถวถัดไป

2.3.1.3 แบบวัดตาบอดสี (Trusetal Hardy-Rand-Rittler Farbtest: H-R-R Test) (Seshadri & Lakshminarayanan, 2007) เป็นการทดสอบการมองเห็นสีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถการทดสอบตาบอดสี ที่เป็นมาตั้งแต่กำเนิด วินิจฉัยและระบุชนิดของข้อบกพร่องโดยใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (วงกลม, กากบาท, สามเหลี่ยม) ซึ่งไม่ใช้ภาษาจึงเหมาะสำหรับทั้งเด็กและผู้ใหญ่

2.3.1.4 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 6 ฉบับ คือ โดยแบ่งออกเป็น แบบคัดกรองระบบตัวเลขโดยตรง ประกอบด้วย แบบคัดกรองที่ 1-3 และ แบบคัดกรองประเมินระบบช่วยเหลือ ประกอบด้วย แบบคัดกรองที่ 4-6

แบบคัดกรองที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) แบ่งออกเป็น 2 ฉบับย่อย ผลการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข ทั้ง 2 ฉบับย่อย (Dot/Dot Comparison (DD) และDot/Number Comparison (DN)) มีค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ 0.97 และ 0.96 ตามลำดับ

แบบคัดกรองที่ 2 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) แบ่งออกเป็น 2 ฉบับย่อย ผลการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก ทั้ง 2 ฉบับย่อย (Number

Comparison: Single Digit (NC1) และNumber Comparison: Double Digit (NC2)) มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ 0.99 และ 0.97 ตามลำดับ

แบบคัดกรองที่ 3 เส้นจำนวน (Mental-Number-Line) ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ NA ซึ่งผลการหาค่าสะท้อนถึงร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

แบบคัดกรองที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) แบ่งออกเป็น 2 ฉบับย่อย ผลการค่าและขนาดตัวเลข: หนึ่งหลักและสองหลัก ทั้ง 2 ฉบับย่อย (Inhibition Stroop: Single Digit (IN1) และInhibition Stroop: Double Digit (IN2)) มีค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ 0.98 และ 0.93 ตามลำดับ

แบบคัดกรองที่ 5 ตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting(SH)) มีค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ 0.94

แบบคัดกรองที่ 6 บวกลบตัวเลขในใจ (Numerical Updating (UP)) มีค่าสัมประสิทธิ์ความตรง (Validity Coefficient) เท่ากับ 0.93 (พีร วงศ์อุปราช, 2560, หน้า 68)

2.3.1.5 แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.3.1.6 แบบทดสอบระดับเชาว์ปัญญาชนิดไม่ใช้ภาษา (PTONI) Primary Test of Nonverbal Intelligence (Ehrler & McGhee, 2008) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเที่ยง (Reliability Coefficient) เท่ากับ 0.90 (Drevon, Knight, & Bradley-Johnson, 2017) เป็นการทดสอบรูปแบบที่ไม่ต้องใช้การสื่อสารโดยการพูด และระบุความบกพร่อง และความฉลาดทางปัญญา เพื่อช่วยในการทำนายความสำเร็จในการศึกษาด้วยการประเมินความสามารถในการให้เหตุผล ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบ 6.78 นาที

2.3.1.7 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม มีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ (Check – List) ประกอบด้วยข้อมูลส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เพศ อายุ และระดับชั้นที่กำลังศึกษา

2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นกิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็นกิจกรรมเสริมในกลุ่มกิจกรรมเกมการศึกษา จากกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดประสบการณ์ แบ่งย่อยออกได้เป็น 20 ครั้ง ใช้เวลา 20 วัน (Hart, Maharaj, &

Graziano, 2019, pp. 112-133) วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552)

2.3.2.1 กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)

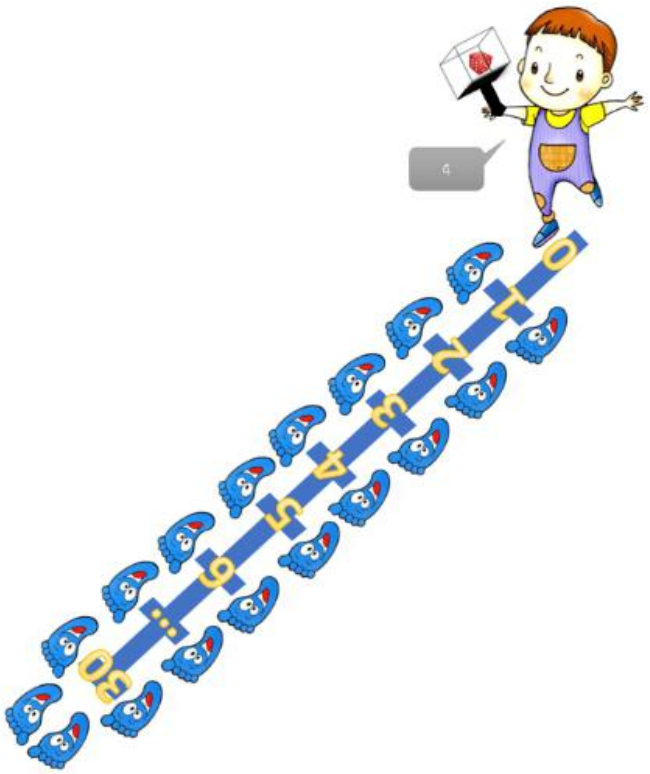
กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

2) เขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนครั้งที่ต้องกระโดด (เส้นเทปจำนวน กำหนดหมายเลข 0 เป็นจุดเริ่มต้น กระโดดแรกเริ่มที่หมายเลข 1 จนถึงหมายเลข 25 บนเส้น)

3) เริ่มกระโดดเท้าคู่ตามเส้นบรรทัดจำนวน ตามจำนวนที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋าในกล่องใส ขานเลขที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋าก่อนกระโดดบนเลขบรรทัดจำนวน เมื่อกระโดดครบจำนวนที่ได้แล้ว ผู้เข้าร่วมการทดลองพูดหมายเลขบนเส้นบรรทัดจำนวนที่ไปหยุด

4) เขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนกระโดดจนครบ 5 ครั้ง



ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)

2.3.2.2 กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

ในช่วงเริ่มต้นของการทดลอง แต่ละครั้งผู้ทดลองและผู้เข้าร่วมเดินใกล้กันตามเส้นทางตรง (เพื่อสังเกตผู้ทดลองขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง) ซึ่งกำหนดการทดลองดังนี้

1) อธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

2) ผู้ทดลองพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ เพื่อที่จะดำเนินการทิศทางของการเคลื่อนไหวให้ส่งสัญญาณเริ่ม ทันทีหลังจากสัญญาณไปตัวอย่าง เช่น ผู้เข้าร่วมเลี้ยวขวาแล้วเดินต่อไปอีก 22 วินาที ทวนหมายเลขเริ่มต้นแล้วให้ผู้เข้าร่วมพูดผลลัพธ์ของการคำนวณแต่ละครั้ง

3) ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด

4) ผู้ทดลองพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ “2” นับเพิ่ม ไปทางขวา “เริ่ม” 22 วินาที ทวนหมายเลขเริ่มต้นผู้เข้าร่วมการทดลองพูดผลลัพธ์ของการคำนวณ ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” แล้วทวนหมายเลขสุดท้ายก่อนเริ่มการเดิน

ครั้งที่ 1 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 2 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 2 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 3 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

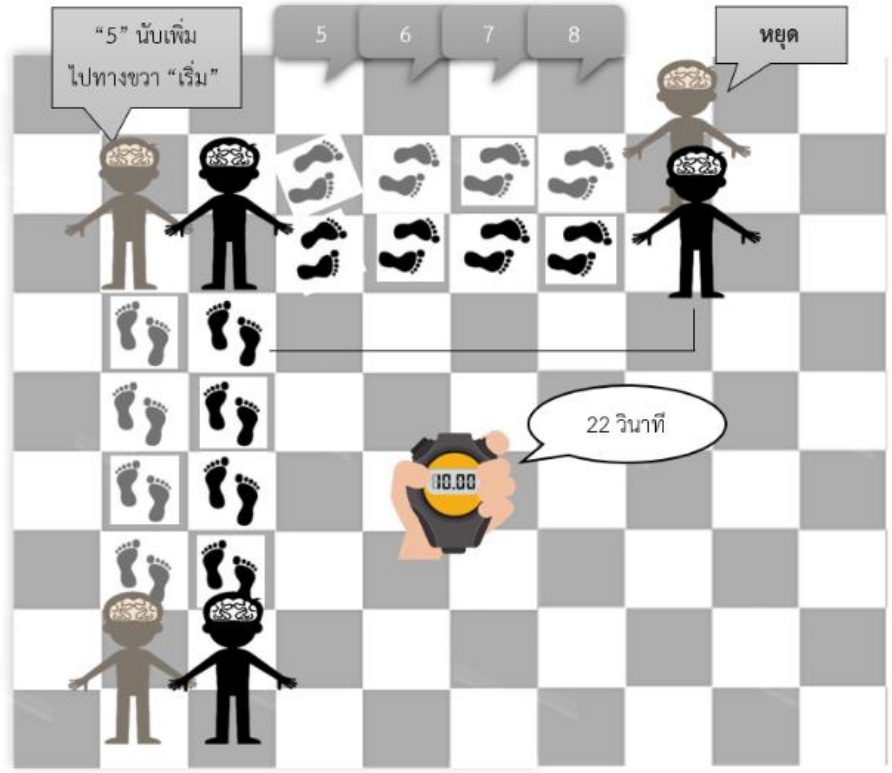
ครั้งที่ 3 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 4 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

5) ผู้ทดลองสั่งให้ไปที่จุดเริ่มต้น2 ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” ทั้งคู่เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด (ในช่วงเริ่มต้นของการทำกิจกรรมแต่ละครั้งผู้ทดลองและผู้เข้าร่วม เดินใกล้กันตามเส้นทางตรง เพื่อสังเกตผู้เข้าร่วมขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง)

ครั้งที่ 4 นับลดทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 8 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 5 นับลดทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 10 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 6 นับลดทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 12 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

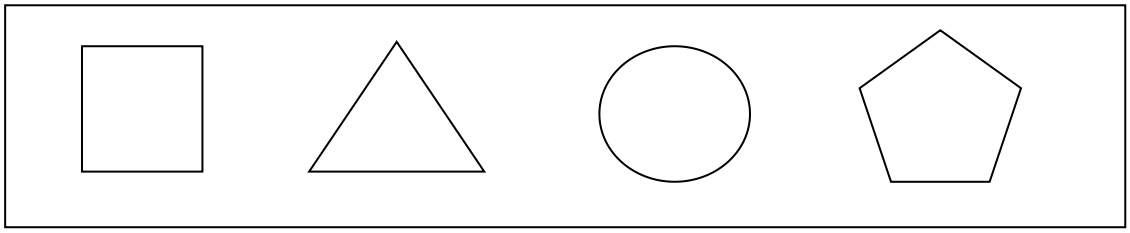


ภาพที่ 3-9 ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

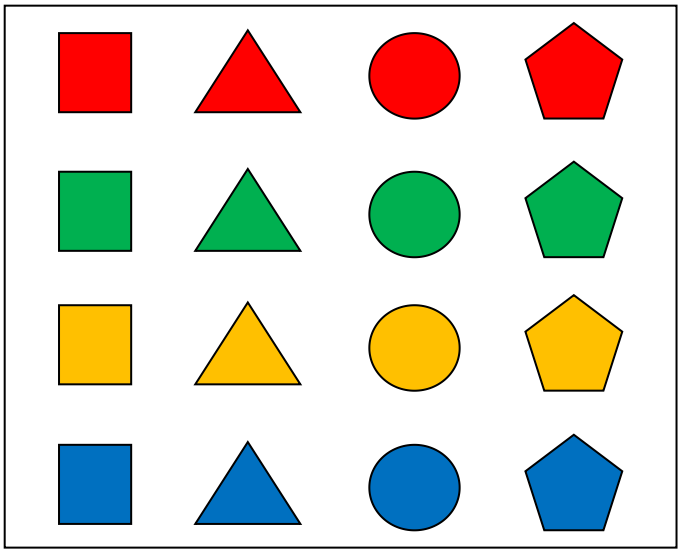
2.3.2.3 กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ แผ่นรูปร่างเรขาคณิต จำนวน 4 รูปแบบ รูปแบบละสี่สี (แดง เขียว เหลือง น้ำเงิน)



ภาพที่ 3-10 แผ่นรูปร่างเรขาคณิตที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3-11 แผ่นรูปร่างเรขาคณิตทั้งสี่สีที่ใช้ในการทดลอง

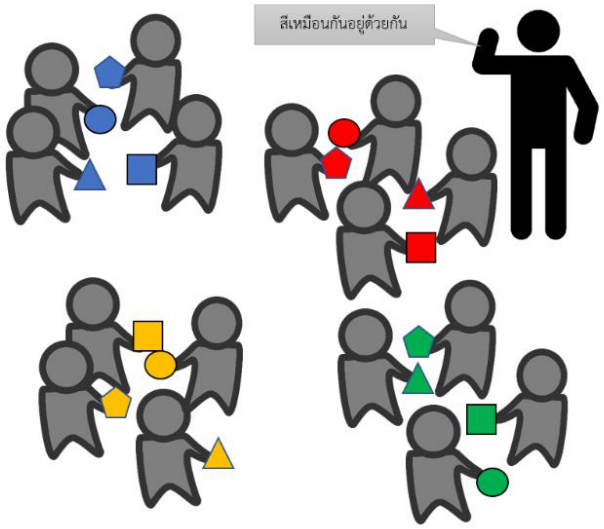
2) กติกาการแบ่งประเภทโดยเกณฑ์ในการแบ่งมี 4 ข้อ ดังนี้

(1) สีเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(2) สีต่างกันอยู่ด้วยกัน

(3) รูปร่างเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(4) รูปร่างต่างกันอยู่ด้วยกัน



ภาพที่ 3-12 ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)

2.3.2.4 กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ บัตรรูปสัตว์น้ำ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ปลา หอย ปู กุ้ง หมึก โดยมีชนิดละ 3 สี ดังนี้

▶ปลาสีแดง ปลาสีเขียว ปลาสีเหลือง

▶หอยสีแดง หอยสีเขียว หอยสีเหลือง

▶ปูสีแดง ปูสีเขียว ปูสีเหลือง

▶กุ้งสีแดง กุ้งสีเขียว กุ้งสีเหลือง

▶หมึกสีแดง หมึกสีเขียว หมึกสีเหลือง

ภาพที่ 3-13 บัตรรูปสัตว์น้ำที่ใช้ในการทดลอง

บัตรรูปสัตว์บก จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กระต่าย สุนัข หมู แมว ไก่ โดยมี ชนิดละ 3 สี ดังนี้

- ▶ กระต่ายสีแดง กระต่ายสีเขียว กระต่ายสีเหลือง
- ▶ สุนัขสีแดง สุนัขสีเขียว สุนัขสีเหลือง
- ▶ หมูสีแดง หมูสีเขียว หมูสีเหลือง
- ▶ แมวสีแดง แมวสีเขียว แมวสีเหลือง
- ▶ ไก่สีแดง ไก่สีเขียว ไก่สีเหลือง

ภาพที่ 3-14 บัตรรูปสัตว์บกที่ใช้ในการทดลอง

คำสั่งในบัตรคำสั่ง มีดังนี้

- ▶ ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีแดง
- ▶ ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว

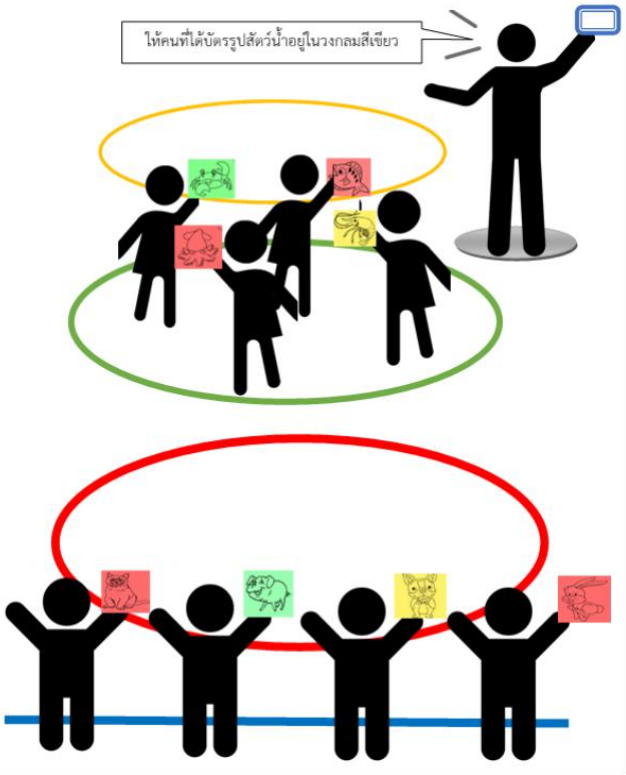
▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

(1) เมื่อเริ่มเล่นให้กลุ่มทดลองยืนหลังเส้น ผู้ทดลองสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นมาขานคำสั่งทีละใบ

(2) กลุ่มทดลองปฏิบัติตามใบคำสั่ง ตรวจสอบความถูกต้องจดบันทึกผล

(3) กลุ่มทดลองยืนหลังเส้นทุกครั้ง เมื่อผู้ทดลองสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นมาขานคำสั่ง

(4) ดำเนินกิจกรรมจนครบเวลา 20 นาที



ภาพที่ 3-15 ตัวอย่างแผนผังของขั้นตอนการทดลองกิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

2.3.3 เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม

2.3.3.1 แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA-3) เป็นแบบทดสอบมาตรฐานรายบุคคลสำหรับการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์ โดยมีบรรทัดฐานสำหรับเด็กที่มีปัญหาการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ อายุระหว่าง 3 - 8 ปี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเที่ยง (Reliability Coefficient) เท่ากับ 0.94 (Ginsburg & Baroody, 2003) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาการทดสอบทั้งก่อนและหลังการทดลองเฉลี่ยรวม 6.58 นาที และเวลาเฉลี่ยรายข้อ 79.44 วินาที

2.3.3.2 ชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1 โดยใช้แบบทดสอบย่อยทดสอบด้านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Backward Digit Span Task) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเที่ยง (Reliability Coefficient) เท่ากับ 0.91 (Mueller, 2014) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาการทดสอบทั้งก่อนและหลังการทดลองเฉลี่ยรวม 3.91 นาที และเวลาการทดสอบเฉลี่ยรายข้อ 42.43 วินาที และทดสอบด้านมิติ

สัมพันธ์แบบย้อนกลับ (Backward Corsi Block Task) การวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาการทดสอบทั้งก่อนและหลังการทดลองเฉลี่ยรวม 1.03 นาที และเวลาการทดสอบเฉลี่ยรายข้อ 7.91 วินาที

2.4 การขอความเห็นชอบและดำเนินการตามแนวทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มีขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 ผู้วิจัยทำบันทึกข้อความตามแบบเสนอขออนุมัติการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

2.4.2 ผู้วิจัยยื่นแบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา (AF 06-01) พร้อมเอกสารประกอบ ดังนี้

1) โครงการวิจัยหรือโครงการวิจัยฉบับย่อ (ภาษาไทย และ/หรือ ภาษาอังกฤษ) พร้อมประวัติความรู้ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ด้านการวิจัย (Curriculum Vitae)

2) เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participant Information Sheet) (AF 06-02)

2) เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (เด็กแรกเกิด ถึง เด็กที่ต่ำกว่า 7 ปี) AF 06-03.4

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้วหรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วม โครงการวิจัย เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Case Record Form, CRF) แบบสอบถาม

4) หลักฐานการอบรมการปฏิบัติการวิจัยที่ดี (GCP) หรือการอบรมจริยธรรมการวิจัย (Human Subject Protection Course)

5) สำเนาแบบเสนอเค้าโครงวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์

ยื่นเอกสารทั้งหมดไปยังเลขาคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยยื่นเสนอขอเพื่อรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ตั้งแต่วันที่ 29 มกราคม 2563 ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตามลำดับ ดังนี้

1) รับรหัสโครงการวิจัย G-Hu 007/2563 ตามบันทึกข้อความ ที่ อว 8100/1088 ลงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2563

2) ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และมติการปรับปรุงแก้ไข ตามบันทึกข้อความ ที่ อว 8100/01357 ลงวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2563

3) ส่งเอกสารแก้ไขประกอบขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ในวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2563 ได้รับเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ 018/2563 ลงวันที่รับรอง 5 มีนาคม 2563

4) ขอแก้ไขแบบวัดตัวแปรตาม และปรับปรุงรูปแบบการเก็บข้อมูลการวิจัยในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ในวันที่ 19 มิถุนายน 2563 ได้รับเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ 124/2563 ลงวันที่รับรอง 26 สิงหาคม 2563 รวมระยะเวลาการดำเนินการ และการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ทั้งสิ้น 7 เดือน

2.5 วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างดำเนินการดังนี้

2.5.1.1 ทำหนังสือติดต่อประสานงานเพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2.5.1.2 นัดหมายและดำเนินการพบประชากรที่ใช้ในการวิจัย ระหว่างวันที่ 28-31 สิงหาคม พ.ศ. 2563 ณ โรงเรียนในอำเภอสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และขอความอนุเคราะห์อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นต้น

2.5.2 ระยะก่อนการทดลองดำเนินการดังนี้

2.5.2.1 นัดอาสาสมัครเพื่อเข้าชี้แจงขั้นตอนการทดลองการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลอง ให้กรอกแบบฟอร์มแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย จากนั้นจัดทำตารางนัดหมายการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง กำหนดการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ต่อไป

2.5.2.2 กำหนดนัดประชุมเพื่อนัดหมายวันเวลากับกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มเพื่อดำเนินการทดลองรวมถึงแจ้งรายละเอียดข้อควรปฏิบัติก่อนการทดลองกับผู้ปกครองการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลองในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 ได้จัดทำตารางนัดหมาย ประชุมชี้แจงแก่ครูผู้ช่วยในการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพื่อให้เข้าใจวิธีการตรงกันและเป็นไปในแนวปฏิบัติเดียวกัน

2.5.2.3 จัดเตรียมสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเก็บข้อมูลตามตารางนัดหมาย

2.5.2.4 การพิทักษ์สิทธิ์ผู้เข้าร่วมการวิจัย ชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองได้ทราบรายละเอียดว่าการเข้าร่วมการทดลองเป็นไปด้วยความยินดีและสมัครใจสามารถปฏิเสธการเข้าร่วมได้ตลอดเวลาโดยไม่มีผลกระทบอื่นใดและชี้แจงว่ามีการเก็บ

รักษาข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นความลับ การนำเสนอภาพรวมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาเท่านั้น การวิจัยยึดการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการศึกษาวิจัยในมนุษย์ดำเนินการตรวจสอบจริยธรรมในการวิจัย โดยคณะกรรมการจริยธรรมของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2.5.2.5 ชี้แจงการเตรียมตัวในการเก็บข้อมูลตามเกณฑ์การคัดเข้า มีรายละเอียดดังนี้

1) ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลตามเกณฑ์การคัดเข้า กลุ่มตัวอย่างควรนอนหลับพักผ่อนอย่างเพียงพอ (อย่างน้อย 8 ชั่วโมง) และควรรับประทานอาหารตามปกติก่อนการทดสอบ โดยมีวิธีคัดกรองกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

(1) ประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) (Geary et al., 2009) คัดกรองความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้ พิจารณาคะแนน 0 คะแนน จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน เป็นคะแนนจุดตัด (Cut-off) ว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เมื่อพบว่ามีความเสี่ยงจึงนำกลุ่มตัวอย่างมาวัดสายตาด้วยแบบประเมินการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาล โดยใช้ Lea Chart ของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) และทดสอบการมองเห็นสีด้วยแบบวัดตาบอดสี (Trusetal Hardy-Rand-Rittler Farbtest: H-R-R Test) (Seshadri & Lakshminarayanan, 2007) เพราะเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองใช้กิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องใช้การมองเห็นในระยะไกล และมีการจำแนกประเภทด้วยสี ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลองจำเป็นต้องมีสายตาปกติหรือและ ไม่มีภาวะตาบอดสี

(2) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบคัดกรอง 6 ฉบับ แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ แบบคัดกรองระบบตัวเลขโดยตรง และ แบบคัดกรองประเมินระบบช่วยเหลือ (พีรวงศ์อุปราช, 2560) เพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์นั้นน่าจะมาจากความบกพร่องในระบบใด เช่น ระบบตัวเลขโดยตรง ในด้านใด หรือระบบช่วยเหลือในด้านใด เป็นต้น

(3) ครูผู้ช่วยในการทดลองประเมินกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างต้องมีคะแนนประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัยในระดับพอใช้ขึ้นไป

(4) แบบทดสอบระดับเชาว์ปัญญาชนิดไม่ใช้ภาษา (PTONI) Primary Test of Nonverbal Intelligence (Ehrler & McGhee, 2008) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างต้องมีระดับเชาว์ปัญญาอยู่ในระดับ 90-110 (ฉลาดปานกลาง หรือระดับปกติ)

(5) ผู้วิจัยกรอกแบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามตามข้อมูลที่ได้จากการคัดกรอง ประกอบด้วยข้อมูลส่วนต่าง ๆ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างต้องมีช่วงอายุระหว่าง 5-6 ปี กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 มีระดับเชาว์ปัญญาอยู่ในระดับปกติ การได้ยินและการมองเห็นไม่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง ร่างกายเป็นปกติไม่มีความพิการ/โรคประจำตัว หรือมีอาจความพิการ/โรคประจำตัวที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง และยินดีเข้าร่วมการวิจัย

2.5.2.6 นำกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการคัดกรองมาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวน 50 คน รวมทั้งสิ้น 100 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนเดียวกันเข้ากลุ่มทดลองแบบเจาะจง เพื่อให้สะดวกในการเก็บข้อมูล และเลือกเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงและอยู่ในอำเภอเดียวกันเข้ากลุ่มควบคุม ทำการเก็บข้อมูลการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด ทั้งสองกลุ่มก่อนการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

2.5.2.7 ดำเนินการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ในกลุ่มทดลอง ซึ่งการสอนครั้งแรกตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการคณิตศาสตร์ กิจกรรมเกมการศึกษา วิธีจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นนำและขั้นสรุปจะใช้ดำเนินการในครั้งแรก เวลาทั้งหมดที่ใช้ปฏิบัติกิจกรรมแต่ละแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ จึงใช้เวลา 40 นาที เวลา 10.00-10.40 น. จากนั้นในครั้งต่อมาจะใช้เพียงขั้นดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้จึงเหลือประมาณ 20 นาทีต่อกิจกรรม ฝึกซ้ำเวียนทั้ง 4 กิจกรรม จนครบ 4 สัปดาห์ เวลา 10.00.-10.20 น. เป็นระยะเวลา 20 วัน ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ระหว่างวันที่ 5-30 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งในช่วงของการเก็บข้อมูลเป็นช่วงของสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงเปิดเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ช้ากว่าปกติ ดังนั้นช่วงเวลาการทดลองจึงสามารถดำเนินการได้ทุกวันไม่เว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์ตามนโยบายของโรงเรียน ทั้งกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และกลุ่มควบคุมที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ แผนการดำเนินกิจกรรมทดลองใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แผนการดำเนินกิจกรรมทดลองใช้โปรแกรม

ครั้ง	ช่วงเวลา	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (นาที	วันที่เก็บข้อมูล
1	10.00-10.40 น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	40	5 ตุลาคม 2563
2	10.00-10.40 น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	40	6 ตุลาคม 2563
3	10.00-10.40 น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	40	7 ตุลาคม 2563
4	10.00-10.40 น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	40	8 ตุลาคม 2563
5	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	20	9 ตุลาคม 2563
พัก 2 วัน				
6	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	20	12 ตุลาคม 2563
7	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	20	13 ตุลาคม 2563
8	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	20	14 ตุลาคม 2563
9	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	20	15 ตุลาคม 2563
10	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	20	16 ตุลาคม 2563
พัก 2 วัน				
11	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	20	19 ตุลาคม 2563
12	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	20	20 ตุลาคม 2563
13	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	20	21 ตุลาคม 2563
14	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	20	22 ตุลาคม 2563
15	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	20	23 ตุลาคม 2563
พัก 2 วัน				
16	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	20	26 ตุลาคม 2563
17	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	20	27 ตุลาคม 2563
18	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	20	28 ตุลาคม 2563
19	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	20	29 ตุลาคม 2563
20	10.00-10.20 น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	20	30 ตุลาคม 2563
หยุดกิจกรรม				

2.5.2.8 เก็บข้อมูลการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด หลังใช้โปรแกรมในกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองก่อนกับหลังใช้โปรแกรมในกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายกับกลุ่มควบคุมที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรม โดยจำแนกการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโด่ง คะแนนต่ำสุดและคะแนนสูงสุด ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เวอร์ชั่น 26

2.6.2 สถิติวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ได้แก่

2.6.2.1 ข้อมูลที่ได้จากการแบบทดสอบความสามารถด้านคณิตศาสตร์ และข้อมูลขณะทำแบบทดสอบความจำขณะคิด ด้วยสถิติทดสอบ (One –Way MACOVA) และค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ซึ่งมีเกณฑ์การแปลผลค่าขนาดอิทธิพล (Cohen, Miles & Shevlin, 2001, p. 272) ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เกณฑ์การแปลผลค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size)

Effect Size	ระดับน้อย (Small)	ระดับปานกลาง (Medium)	ระดับมาก (Large)
Partial Eta-Squared (ηp^2)	.01	.06	.14

วิเคราะห์ด้วย Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เวอร์ชั่น 26 แล้วนำผลที่ได้มาดำเนินการ ดังนี้

2.6.2.1.1 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฯ ของกลุ่มทดลอง

2.6.2.1.2 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถด้านคณิตศาสตร์ หลังการใช้โปรแกรม ฯ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2.6.2.1.3 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม ฯ ของกลุ่มทดลอง

2.6.2.1.4 เปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมฯ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายการวิจัยนี้เป็นวิธีการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research Design) ซึ่งศึกษากลุ่มทดลองที่ได้ใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และกลุ่มควบคุมที่ใช้การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนปกติ แบบ 2 กลุ่ม โดยการวัดก่อน-หลังการทดลอง (Pretest and Posttest Design) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลของการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ตอนที่ 1 ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ตอนที่ 2 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ระยะที่ 2 ผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ระยะที่ 1 ผลของการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ผลการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายหลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้ว ได้นำเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมในประเด็นหลัก ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และความสอดคล้องด้านกระบวนการทางปัญญา โดยการคำนวณดัชนีความตรงตาม (Content Validity Index: CVI) เพื่อพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 กิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต กิจกรรมที่ 2 กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ กิจกรรมที่ 3 กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก กิจกรรมที่ 4 กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน ได้ค่าดรรชนีความตรงตามเนื้อหารายข้อ (I-CVI) มาหาค่าเฉลี่ยและค่าดรรชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI/Ave) ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	I-CVI[a]
กิจกรรมที่ 1 กิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต			
1.1	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	1
1.2	สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
1.3	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	5	1
1.4	เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	4	.80
1.5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	1
1.6	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง	5	1
1.7	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	I-CVI[a]
1.8	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	1
1.9	นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	1
1.10	การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	.80
1.11	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแกน ด้านจำนวน (Numerical Core Deficit Model)	5	1
			Mean I-CVI = .96
กิจกรรมที่ 2 กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์			
2.1	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	1
2.2	สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
2.3	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	5	1
2.4	เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	5	1
2.5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	1
2.6	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง	5	1
2.7	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	3	.60
2.8	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	1
2.9	นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	1
2.10	การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	1

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	I-CVI[a]
2.11	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-Specific Deficit Model)	5	1
			Mean I-CVI = .97
กิจกรรมที่ 3 กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก			
3.1	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	4	.80
3.2	สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
3.3	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	5	1
3.4	เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	5	1
3.5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	1
3.6	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง	5	1
3.7	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
3.8	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	1
3.9	นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	1
3.10	การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	1
3.11	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain General Deficit Model)	5	1
			Mean I-CVI = .98

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	I-CVI[a]
กิจกรรมที่ 4 กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน			
4.1	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	4	.80
4.2	สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
4.3	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	5	1
4.4	เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	5	1
4.5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	1
4.6	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง	5	1
4.7	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น	5	1
4.8	วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	1
4.9	นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง	5	1
4.10	การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	1
4.11	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain General Deficit Model)	5	1
			Mean I-CVI = .98
			S-CVI/Ave = .97

หมายเหตุ รายการที่มี I-CVI[a] = .90 ถือว่าผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ซึ่งประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือ ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต มีค่าเฉลี่ย I-CVI = .96 กิจกรรมที่ 2 กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย I-CVI = .97 กิจกรรมที่ 3 กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก มี

ค่าเฉลี่ย I-CVI = .98 กิจกรรมที่ 4 กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน มีค่าเฉลี่ย I-CVI = .98 และค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดความสอดคล้อง S-CVI/Ave = .97 จากนั้นได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขรายการที่ได้ค่า I-CVI น้อยกว่าเกณฑ์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง

ตอนที่ 2 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

นำโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และคู่มือการใช้งานโปรแกรม ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปทำการศึกษานำร่องทดลองใช้กับเด็กที่กำลังศึกษาในระดับชั้นอนุบาล 3 มีอายุระหว่าง 5-6 ปี ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนในอำเภอสอยดาว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2 ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 20 คน ระยะเวลาในการศึกษานำร่อง จำนวน 10 วัน โดยทดลองใช้โปรแกรม จำนวน 5 วัน พัก 2 วัน และทดลองใช้โปรแกรมอีก 5 วัน เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริงของโปรแกรม จากการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายพบปัญหาขณะทดลองใช้กิจกรรม และการดำเนินการแก้ไขดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้แนวทางปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้กิจกรรม	แนวทางปรับปรุงแก้ไขในการทดลองจริง
กิจกรรมที่ 1 กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	
1. กล่องใส่ลูกเต๋ามีขนาดใหญ่และหนักเกินไป ทำให้จับไม่ถนัดมือ 2. เส้นบรรทัดจำนวนระยะแคบเกินไปไม่เหมาะสมกับสรีระตามวัยของเด็ก 3. หมายเลขที่มีค่ามากกว่า 20 เด็กบางคนออกเสียงไม่ถูกต้อง เพราะมากกว่าสิ่งที่ควรรู้ตามวัย	1. เปลี่ยนจากกล่องพลาสติกหนาทรงกระบอกเป็นกล่องพลาสติกบาง ทรงสี่เหลี่ยม มีด้ามจับ 2. คำนวณระยะกระโดดของเด็กวัย 5-6 ปี จากการหาค่าเฉลี่ยระยะกระโดดของเด็ก จำนวน 30 คน ชาย 15 คน หญิง 15 คน ได้ค่าเฉลี่ย 41.33 เซนติเมตร (ใช้ระยะ 40 เซนติเมตร) 3. ทบทวนเลขก่อนเริ่มกิจกรรม และให้ความช่วยเหลือโดยการให้เด็กบอกเลขทีละตัว จากนั้นครูจึงช่วยอ่านอีกครั้ง

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้กิจกรรม	แนวทางปรับปรุงแก้ไขในการทดลองจริง
กิจกรรมที่ 2 กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	
1. นักเรียนลืมทวนตัวเลขสุดท้าย 2. ระยะก้าวของครูและเด็กไม่เท่ากัน	1. ครูและเพื่อน ๆ ช่วยกันทวนย้ำ ก่อนเริ่มก้าวอีกครั้ง 2. ใช้ระยะ 40 เซนติเมตร ตีช่องตารางจำนวนช่องตามคำสั่งที่กำหนดในแผนฯ
กิจกรรมที่ 3 กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	
1. นักเรียนไม่เข้าใจคำสั่ง เช่น “รูปร่างต่างกัน” 2. แผ่นภาพรูปเรขาคณิตที่เป็นกระดาษ 150 แกรม บางเกินไปหักงอและเลอะได้ง่าย	1. สาธิตวิธีการเล่น แล้วทวนโจทย์ซ้ำในการขานคำสั่งแต่ละครั้ง 2. ใช้แผ่นโฟมยางมาสร้างแผ่นภาพรูปเรขาคณิต
กิจกรรมที่ 4 กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	
1. การขานคำสั่งหากเด็กยังไม่พร้อมฟัง ทำให้การปฏิบัติกิจกรรมดำเนินไปไม่พร้อมเพรียงกัน	1. ครูให้สัญญาณก่อนการขานคำสั่ง เช่น เมื่อบอกให้เด็กกลับไปที่เส้นจุดเริ่มต้นแล้ว อาจให้สัญญาณ “พร้อม” แล้วจึงขานคำสั่ง
2. เด็กหนึ่งคนได้บัตรรูปสัตว์เพียงรูปเดียว ทำให้โอกาสที่จะได้เข้าร่วมกิจกรรมมีน้อยทำให้เกิดความเบื่อหน่าย	2. ทำชุดบัตรรูปสัตว์บกและสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ให้เด็กได้บัตรรูปสัตว์ 2-3 ใบ เด็กคนหนึ่งอาจได้บัตรรูปสัตว์น้ำสองสี บัตรรูปสัตว์บกหนึ่งสี หรืออาจสุ่ม

จากข้อมูลจากการศึกษานำร่อง (Pilot Study) โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย นำมาทดสอบทางสถิติเพื่อดูความเป็นไปได้ในการใช้โปรแกรมเพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ดังตารางที่ 4-3 การใช้โปรแกรมเพื่อเพิ่มความจำขณะคิด ดังตารางที่ 4-4 และ ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทั้งหมด ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-3 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมเพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (*n*=20)

ระยะ	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น				
	คะแนนดิบ	เปอร์เซ็นไทล์	คะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์	เวลารวม (วินาที)	เวลา/ข้อ (วินาที)
ก่อนใช้โปรแกรม	15.60	3	73	380	24
หลังใช้โปรแกรม	18.85	9	80	412	22
ผลต่าง	3.25	6	7	32	-2

จากตารางที่ 4-3 พบว่าหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีผลคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นถูกต้อง เพิ่มขึ้น 3.25 คะแนน มีความสามารถทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น 7 คะแนน และใช้เวลาเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบรายข้อลดลง 2 วินาที

จากผลการศึกษานำร่อง สรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

ตารางที่ 4-4 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมเพื่อเพิ่มความจำขณะคิด (*n*=20)

ระยะ	ความจำขณะคิด					
	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)			ด้านตัวเลข (Dspan)		
	คะแนนความถูกต้อง	เวลาตอบสนอง (วินาที)	เวลาตอบสนอง/ข้อ (วินาที)	คะแนนความถูกต้อง	เวลาตอบสนอง (วินาที)	เวลาตอบสนอง/ข้อ (วินาที)
ก่อนใช้โปรแกรม	4.90	50.78	10.16	0.20	138.96	39.59
หลังใช้โปรแกรม	7.20	68.95	9.85	0.40	98.97	27.79
ผลต่าง	2.30	18.17	-0.31	0.20	-39.99	-11.80

จากตารางที่ 4-4 พบว่าหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีผลการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) คะแนนความถูกต้อง เพิ่มขึ้น 2.30 คะแนน และใช้เวลาเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบรายข้อลดลง 0.31 วินาที ด้านตัวเลข (Dspan) คะแนนความถูกต้อง เพิ่มขึ้น 0.20 คะแนน และใช้เวลาเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบรายข้อลดลง 11.80 วินาที

จากผลการศึกษานำร่อง สรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการศึกษานำร่องความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด (*n*=20)

การทดสอบ		ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ความคลาดเคลื่อน (SE)	*t*	*p*	ขนาดอิทธิพล (Effect Size)
ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น	ก่อน	15.60	1.67	.37	12.03**	<.01	2.68
	หลัง	18.85	2.64	.59			
ความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	ก่อน	4.90	1.62	.36	12.84**	<.01	2.87
	หลัง	7.20	1.20	.27			
ความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan)	ก่อน	0.20	0.41	.09	2.18*	<.05	0.49
	หลัง	0.40	0.68	.15			

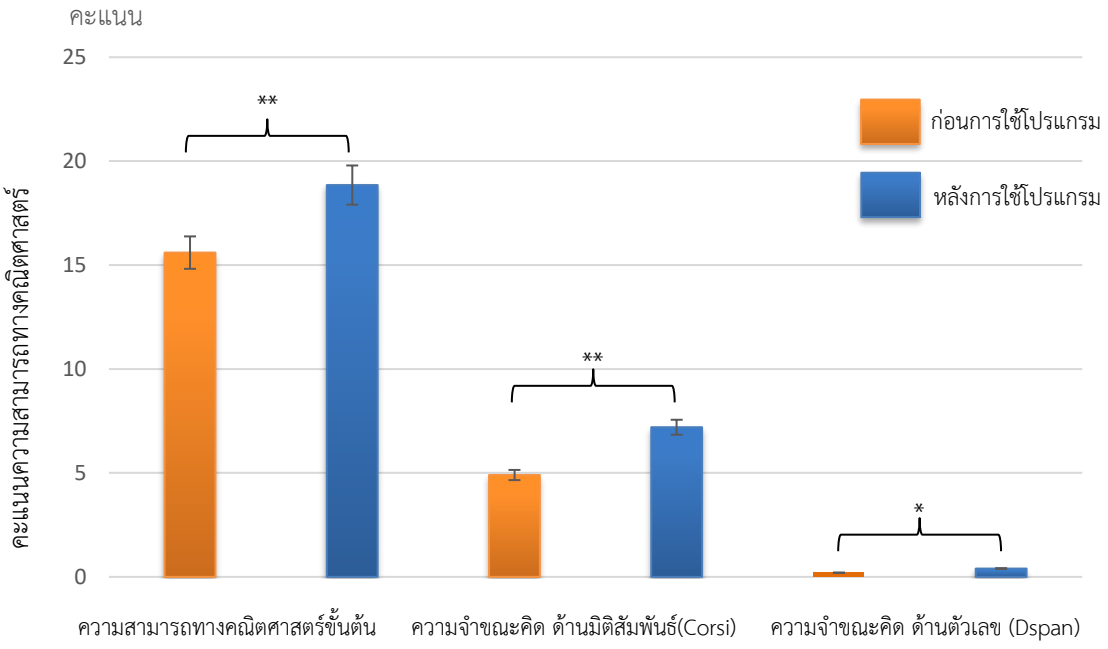
หมายเหตุ *p< .05 ; **p< .01

จากตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ พบว่า เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถทาง

คณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen's d อยู่ในระดับมาก (ขนาดอิทธิพล = 2.68)

เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) หลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen's d อยู่ในระดับมาก (ขนาดอิทธิพล = 2.87)

เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen's d อยู่ในระดับปานกลาง (ขนาดอิทธิพล = 0.49)



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

ภาพที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการศึกษานำร่องความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด

จากผลของการพัฒนาโปรแกรม พบว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้

ระยะที่ 2 ผลของการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาล 3 อายุระหว่าง 5-6 ปี เป็นนักเรียนที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการคัดกรองแล้วตามเกณฑ์คัดเลือกตามกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Number Sets Test) มีคะแนนเชาวน์ปัญญาอยู่ในระดับ 90-110 การได้ยินและการมองเห็นเป็นปกติ ร่างกายไม่มีความพิการ มีพัฒนาการผ่านเกณฑ์ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 และยินดีเข้าร่วมการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 50 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 50 คน

สืบเนื่องจากการดำเนินการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงมีการปรับรูปแบบกิจกรรมตามหลักปฏิบัติในการปองกันการแพรระบาดของโรคโควิด 19 ในสถานศึกษา ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต เป็นการเก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมรายบุคคล สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรม

กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ เป็นการเก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมรายบุคคล แต่ต้องมีผู้ทดลองทดลองต้องเดินคู่ไปด้วย จึงกำหนดระยะห่าง 2 เมตร ระหว่างผู้ทดลอง และผู้เข้าร่วมการทดลอง ตามมาตรการและแนวทางการบริหารจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก ปรับรูปแบบของกิจกรรมจากการวิ่งรวมกลุ่มกันตามคำสั่งเป็นการเข้าไปเหยียบเครื่องหมายตามที่กำหนดให้แทนเพื่อเว้นระยะห่าง

ผู้ทดลองอธิบายวิธีการเล่น ดังนี้ กติกาการการแบ่งประเภทโดยเกณฑ์ในการแบ่งมี 4 ข้อ ดังนี้

(1) สีเหมือนกันอยู่ด้วยกัน
- สีแดงเหมือนกันเหยียบในตารางหมา
- สีเขียวเหมือนกันเหยียบในตารางช้าง
- สีเหลืองเหมือนกันเหยียบในตารางปลา
- สีน้ำเงินเหมือนกันเหยียบในตารางปู

(2) สีต่างกันอยู่ด้วยกัน
- สามเหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางหมา

- สี่เหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางช้าง
- วงกลมสีต่างกันเหยียบในตารางปลา
- ห้าเหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางปู

(3) รูปร่างเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

- สามเหลี่ยมเหยียบในตารางช้าง
- สี่เหลี่ยมเหยียบในตารางหมา
- วงกลมเหยียบในตารางปู
- ห้าเหลี่ยมเหยียบในตารางปลา

(4) รูปร่างต่างกันอยู่ด้วยกัน

ปรับรูปแบบของกิจกรรมตามมาตรการและแนวทางการบริหารจัดการเรียนการสอนฯ คำสั่งที่ 4 จะคล้ายคลึงกับคำสั่งที่ 1 แต่ต้องเพิ่มการกำหนดรูปร่างทำให้ คำสั่งยาวเกินไปเด็กอาจเกิดความสับสน เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม ห้าเหลี่ยม สีแดงเหยียบในตารางหมาจึงยกเลิก นำไปรวมในคำสั่งที่ 1

กิจกรรมที่ 4 ปรับขนาดของวงกลม 3 สี จากวงเดียวให้นักเรียนไปอยู่ร่วมกันหลายคนเป็นสีเดียวมีหลายวง แล้ววางที่ระยะห่างกันโดยคำนวณจากจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม ซึ่งวงกลมแต่ละสีนั้นใช้จำนวน 7 วง จุดศูนย์กลางที่เว้นระยะห่าง 2 เมตร

มาตรการการดำเนินงานการบริหารจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

1. คัดกรอง (Screening) ผู้ที่เขามาในสถานศึกษาทุกคน ต่องได้รับการคัดกรองวัดอุณหภูมิร่างกาย

ภาพที่ 4-2 แสดงวิธีการการคัดกรอง (Screening) ผู้ที่เขามาในสถานศึกษา

2. สวมหน้ากาก (Mask) ทุกคนต้องสวมหนากากผาหรือหนากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่ในสถานศึกษา

ภาพที่ 4-3 ทุกคนตองสวมหนากากผาหรือหนากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่ในสถานศึกษา

3. ล้าง (Hand Washing) ล้างมือบ่อย ๆ ด้วยสบู่และน้ำ นานอย่างน้อย 20 วินาที หรือใช้เจลแอลกอฮอล์ หลีกเลี่ยงการสัมผัสบริเวณจุดเสี่ยง เช่น ราวบันได ลูกบิดประตู เป็นต้น รวมทั้ง ไม่ใชมือสัมผัส ใบหนา ตา ปาก จมูก โดยไม่จำเป็น

ภาพที่ 4-4 ล้าง (Hand Washing) ล้างมือบ่อย ๆ ด้วยสบู่และน้ำ หรือเจลแอลกอฮอล์

4. เว้นระยะห่าง (Social Distancing) เว้นระยะห่างระหว่างบุคคล อย่างน้อย 1 - 2 เมตร รวมถึงการจัดเว้นระยะห่างของสถานที่

ภาพที่ 4-5 เว้นระยะห่างระหว่างบุคคล อย่างน้อย 1-2 เมตร

5. ทำความสะอาด (Cleaning) เปิดประตู หน้าต่าง ให้อากาศถ่ายเท ทำความสะอาดห้องเรียน และบริเวณต่าง ๆ โดยเช็ดทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัส เก้าอี้ และวัสดุอุปกรณ์ก่อนเข้าเรียน และหลังเลิกเรียนทุกวัน และรวบรวมขยะออกจากห่องเรียน เพื่อนำไปกำจัดทุกวันเปิดเรียน

ภาพที่ 4-6 ทำความสะอาด (Cleaning) ทำความสะอาดห้องเรียน และบริเวณต่าง ๆ ก่อนเข้าเรียน และหลังเลิกเรียน

6. ลดแออัด (Reducing) ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมใหสั้นลงเทาที่จำเป็น หรือเหลื่อมเวลาทำกิจกรรม และหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมรวมตัวกันเป็นกลุมลดแออัด

ภาพที่ 4-7 ลดแออัด (Reducing) ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมใหสั้นลงเทาที่จำเป็น และหลีกเลี่ยงการทำ กิจกรรมรวมตัวกันเป็นกลุมลดแออัด

การศึกษาผลของการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มี 7 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง ได้แก่ เพศ อายุโรค ประจำตัว และคะแนนเชาวน์ปัญญา ระดับพัฒนาการตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 การคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

ตารางที่ 4-6 ลักษณะของผู้ร่วมการทดลอง จำแนกตามลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไป	กลุ่มควบคุม (*n*=50)		กลุ่มทดลอง (*n*=50)		สถิติ
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
เพศ					
ชาย	23	46	33	64	χ^2= 3.27, *p*= .07
หญิง	27	54	17	36	
อายุเฉลี่ย (วัน)					
Mean	2,127		2,075		*t* = 0.50, *p*= .62
SD	122		108		
โรคประจำตัว					
มี	2	4	1	2	χ^2 = 0.34, *p*= .56
ไม่มี	48	96	49	98	
คะแนนเชาวน์ปัญญา					
Mean	96.64		96.98		*t* = -0.26, *p*= .79
SD	5.58		7.19		
ระดับพัฒนาการ					
พอใช้	31	62	32	64	χ^2 = 0.50, *p*= .48
ดี	19	38	18	36	

จากตารางที่ 4-6 ด้านเพศ พบว่า กลุ่มควบคุม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54 กลุ่มทดลอง ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 64 เมื่อทดสอบด้วยสถิติทดสอบไคสแคว์ (Chi-square Test) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ด้านอายุเฉลี่ย พบว่า กลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 2,127 วัน (5 ปี 9 เดือน 27 วัน) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 122 วัน (4 เดือน 1 วัน) และกลุ่มทดลอง มีอายุเฉลี่ย 2,075 วัน (5 ปี 8 เดือน 5 วัน) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 108 วัน (3 เดือน 17 วัน) เมื่อทดสอบด้วยสถิติเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม (Independent sample *t*-test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (*t* = 0.50, *p*= .62)

ด้านโรคประจำตัว พบว่า กลุ่มควบคุม ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 96 กลุ่มทดลอง ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 98 เมื่อทดสอบด้วยสถิติทดสอบไคสแคว์ (Chi-square Test) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ด้านคะแนนเชาวน์ปัญญา พบว่า กลุ่มควบคุม มีคะแนนเชาวน์ปัญญาเฉลี่ย 96.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.58 และกลุ่มทดลอง มีคะแนนเชาวน์ปัญญาเฉลี่ย 96.98 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.19 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ สถิติเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม (Independent sample *t*-test) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (t = -0.26, p= .79)

ด้านระดับพัฒนาการตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พบว่า กลุ่มควบคุมมีระดับพัฒนาการอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 62 และระดับดี ร้อยละ 38 กลุ่มทดลอง มีระดับพัฒนาการตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 64 และระดับดี ร้อยละ 36 เมื่อทดสอบด้วยสถิติทดสอบไคสแคว์ (Chi-square Test) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ประกอบไปด้วย แบบทดสอบ 6 ฉบับ โดยแต่ละฉบับจะเปรียบเทียบในด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) 2) เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) 3) เส้นจำนวน (Mental-Number-Line) 4) เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) 5) ตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) และ 6) บวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการเปรียบเทียบผู้ร่วมการทดลองตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

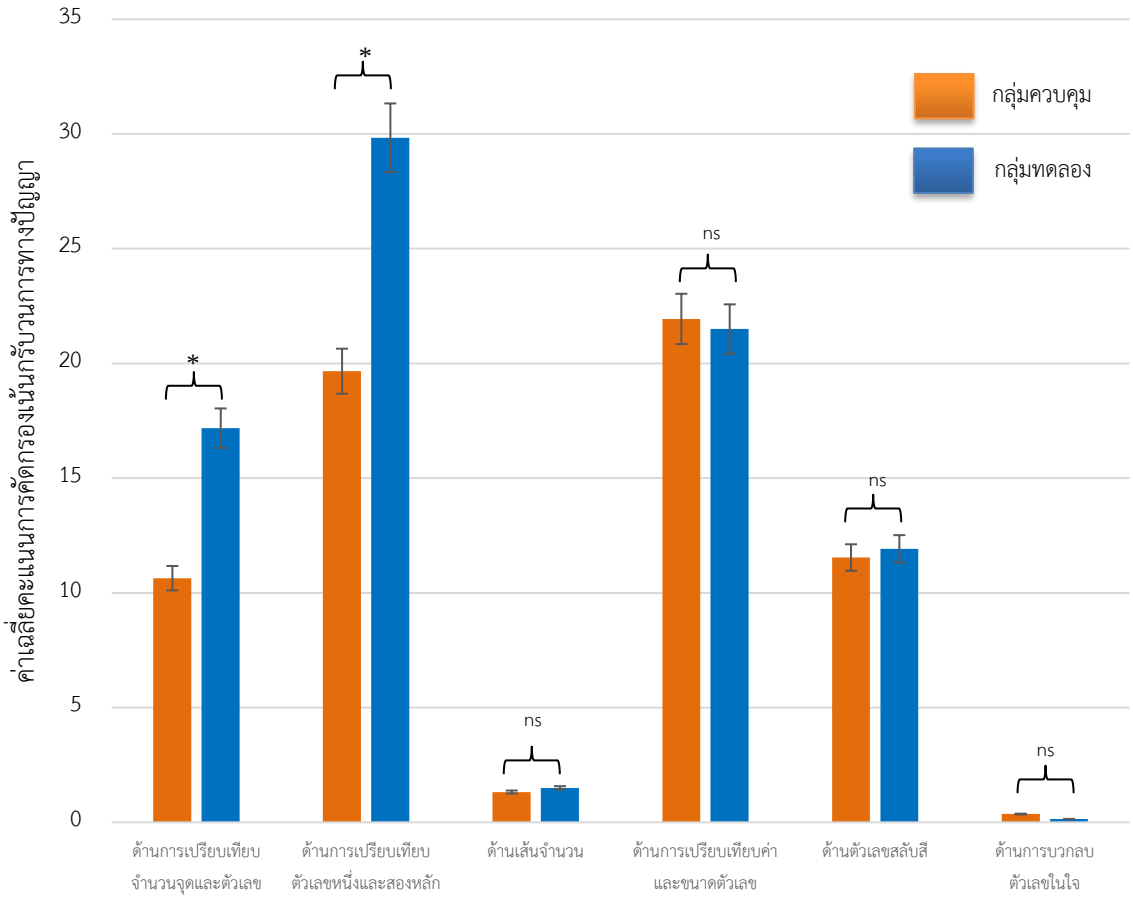
การคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	คะแนนเต็ม	กลุ่มควบคุม (n=50)		กลุ่มทดลอง (n=50)		F	p
		Mean	*SD*	Mean	*SD*		
1) ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	60	10.64	7.59	17.18	13.42	4.43*	.05
2) ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก	120	19.66	17.58	29.84	21.78	3.33*	.05
3) ด้านเส้นจำนวน	12	1.32	1.83	1.50	1.93	0.54	.59
4) ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข	60	21.94	12.29	21.50	12.60	0.03	.98
5) ด้านตัวเลขสลับสี	36	11.54	9.21	11.92	8.65	0.02	.98
6) ด้านการบวกลบตัวเลขในใจ	20	0.36	0.83	0.14	0.41	1.74	.18

หมายเหตุ F Wilk's Lambda (12, 186) = 2.26, *p<.05, Partial eta-squared (η_p^2) = 0.26

จากตารางที่ 4-7 พบว่าการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาของกลุ่มควบคุม ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) มีคะแนนเฉลี่ย 10.64 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.59 คะแนน ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) มีคะแนนเฉลี่ย 19.66 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 17.58 คะแนน ด้านเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) มีคะแนนเฉลี่ย 1.32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.83 คะแนน ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) มีคะแนนเฉลี่ย 21.94 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.29 คะแนน ด้านตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) มีคะแนนเฉลี่ย 11.54 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.21คะแนน และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีคะแนนเฉลี่ย 0.36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83 คะแนน

การคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาของกลุ่มทดลอง ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) มีคะแนนเฉลี่ย 17.18 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.42 คะแนน ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) มีคะแนนเฉลี่ย 29.84คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 21.78 คะแนน ด้านเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) มีคะแนนเฉลี่ย 1.50 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.93 คะแนน ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) มีคะแนนเฉลี่ย 21.50 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.60 คะแนน ด้านตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) มีคะแนนเฉลี่ย 11.92 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.65 คะแนน และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีคะแนนเฉลี่ย 0.14 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 คะแนน

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติ One-Way MANCOVA ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) พบว่า แตกต่างกัน (F = 4.43, p<.05) ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) พบว่า แตกต่างกัน (F = 3.33, p<.05) ด้านเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (F = 0.54, p>.05) ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (F = 0.03, p>.05) ด้านตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (F = 0.02, p>.05) และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (F = 174, p>.05)



*p< .05, ns = Not Significant

ภาพที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบผู้ร่วมการทดลองตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

เพื่อทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผลการเปรียบเทียบผู้ร่วมการทดลองตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา แต่ละตัวมีการแจกแจงปกติหรือไม่ จึงตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล (Normality) ค่าต่ำสุด (Minimum: MIN) ค่าสูงสุด (Maximum: MAX) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) เพื่อสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาแต่ละตัวมีการแจกแจงปกติหรือไม่ ดังปรากฏในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา

การคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา	กลุ่มตัวอย่าง	ต่ำสุด	สูงสุด	ความเบ้[a]	ความโด่ง[b]
1) ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข	กลุ่มควบคุม	0	31	0.73	0.06
	กลุ่มทดลอง	1	59	1.02	0.80
2) ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก	กลุ่มควบคุม	0	79	1.54	2.46
	กลุ่มทดลอง	0	75	0.32	-1.15
3) ด้านเส้นจำนวน	กลุ่มควบคุม	0	7	1.76	2.73
	กลุ่มทดลอง	0	6	0.91	-0.69
4) ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข	กลุ่มควบคุม	1	43	-0.05	-1.31
	กลุ่มทดลอง	0	46	0.03	-0.93
5) ด้านตัวเลขสลับสี	กลุ่มควบคุม	0	33	0.63	-0.78
	กลุ่มทดลอง	0	31	0.45	-0.63
6) ด้านการบวกลบตัวเลขในใจ	กลุ่มควบคุม	0	5	-2.45	5.24
	กลุ่มทดลอง	0	2	2.54	4.98

[a] S.E. = .34

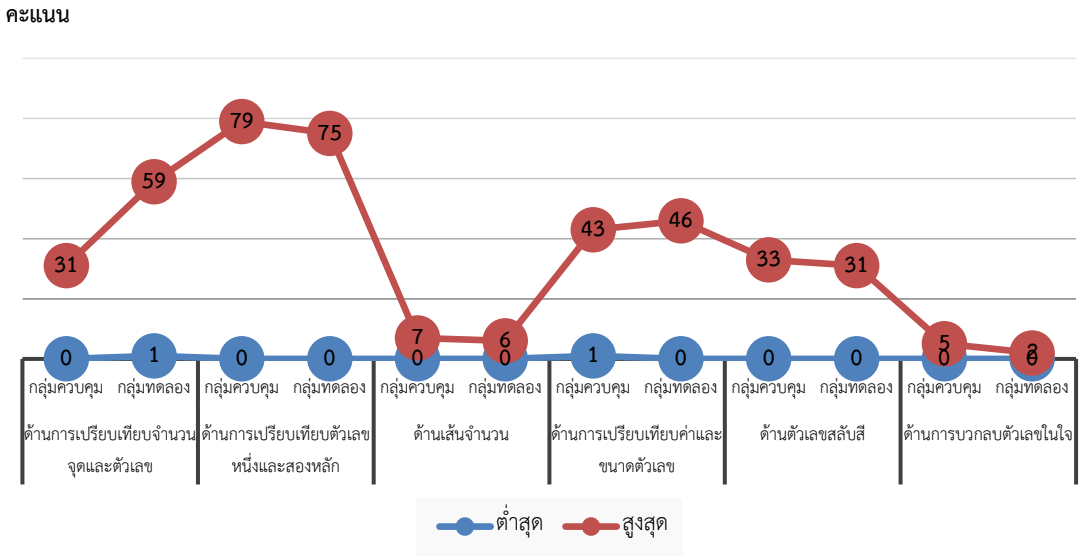
[b] S.E. = .66

จากตารางที่ 4-8 เป็นการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ของแบบทดสอบ 6 ฉบับ คือ 1) เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-comparison) 2) เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) 3) เส้นจำนวน (Mental-Number-Line) 4) เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) 5) ตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) และ 6) บวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) พบว่า ด้านเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 31 คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 1 คะแนน ค่าสูงสุด 59 คะแนน ด้านเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 79 คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 75 คะแนน ด้านเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 7 คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 6 คะแนน ด้านเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 1 คะแนน ค่าสูงสุด 43

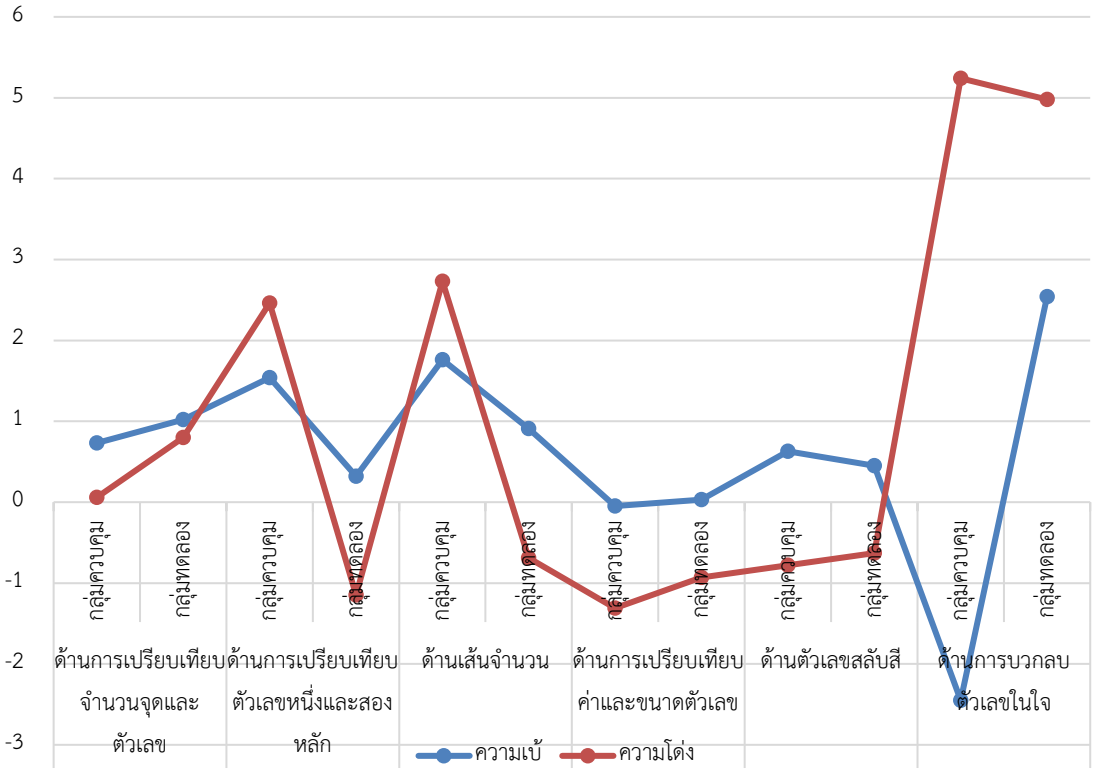
คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 46 คะแนน ด้านตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 33 คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 1 คะแนน ค่าสูงสุด 31 คะแนน ด้านบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) กลุ่มควบคุม มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 5 คะแนน กลุ่มทดลอง มีค่าต่ำสุด 0 คะแนน ค่าสูงสุด 2 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Skewness) ของกลุ่มควบคุม พบว่า ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) ด้านการตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) ด้านการเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติ เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Kurtosis) ของกลุ่มควบคุม พบว่า ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) และด้านการตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติ ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติแบบยอมรับได้ ส่วนด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) ด้านการเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติแบบยอมรับได้

เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Skewness) ของกลุ่มทดลอง พบว่า ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-comparison) ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) ด้านการตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) ด้านการเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) และด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติ เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Kurtosis) ของกลุ่มทดลอง พบว่า ด้านการเปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข (Dot-Verbal-Comparison) ด้านการเปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก (Number-Comparison) ด้านการเส้นจำนวน (Mental-Number-Line) ด้านการเปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข (Inhibition) ด้านการตัวเลขสลับสี (Numerical Shifting) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติ ส่วนด้านการบวกลบตัวเลขในใจ (Number Updating) มีข้อมูลแจกแจงแบบปกติแบบยอมรับได้ ซึ่งค่าความเบ้ (Skewness) ที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง - 3 ถึง + 3 และค่าความโด่ง (Kurtosis) มีความเหมาะสมตั้งแต่ช่วง - 10 ถึง + 10 (Brown, 2006)



ภาพที่ 4-9 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา: คะแนนต่ำสุด และคะแนนสูงสุด



ภาพที่ 4-10 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลลักษณะของผู้ร่วมการทดลองจำแนกตามการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา: ความเบ้ และความโด่ง

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบทางเดียวก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA-3) ประกอบด้วย การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง นำผลมาดำเนินการเปรียบเทียบดังรายละเอียด ดังนี้

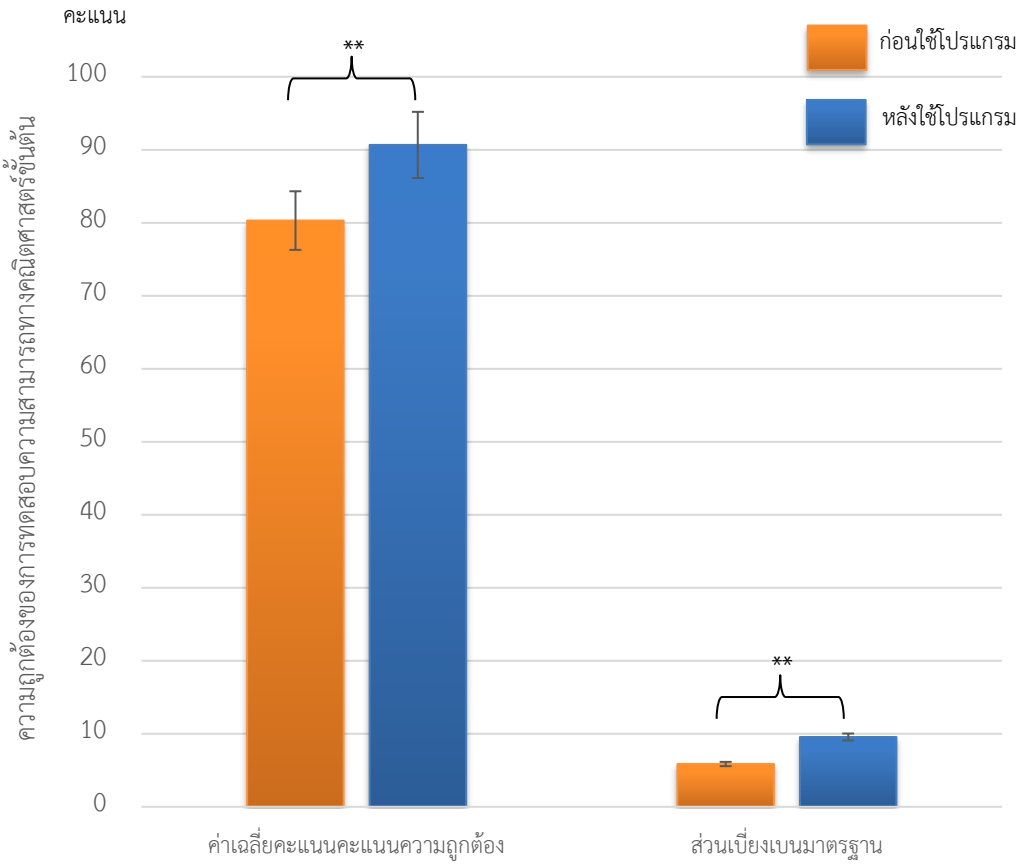
1. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง (*n* = 50)

คะแนนความถูกต้อง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ก่อนใช้โปรแกรม	80.30[a]	5.86	49	-11.01**	<.01	0.38
หลังใช้โปรแกรม	90.66[a]	9.56				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.98, ***p*<.01

จากตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมกลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.38



***p*<.01

ภาพที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

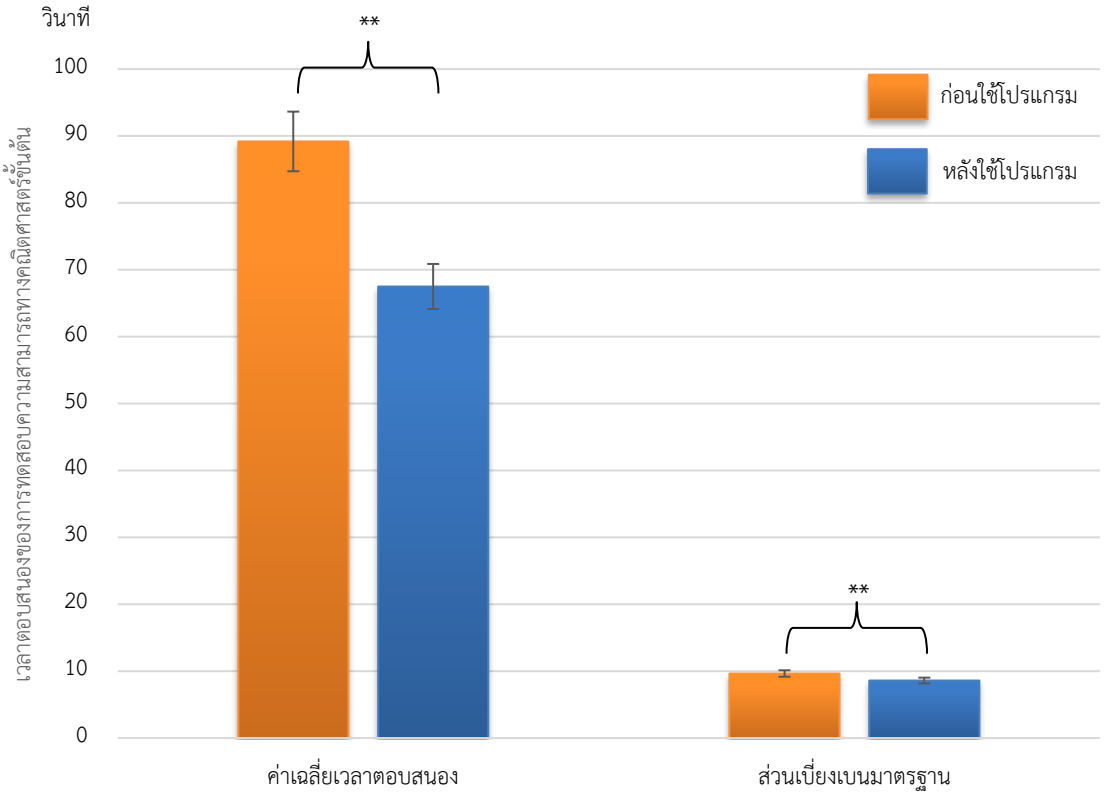
2. ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง (*n* = 50)

เวลาตอบสนอง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ก่อนใช้โปรแกรม	89.19[a]	9.65	49	16.81**	<.01	0.61
หลังใช้โปรแกรม	67.50[a]	8.60				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.98, ***p*<.01

จากตารางที่ 4-10 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.61



***p*<.01

ภาพที่ 4-12 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

3. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) ดังตารางที่ 4-11

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองโดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ ของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box' M พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีค่า Box' M เท่ากับ 13.59 ค่าสถิติทดสอบ *F* เท่ากับ 4.43 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนใกล้เคียงกัน (Hair, Black, Babin & Anderson, 2010) จึงสามารถละเลยข้อตกลงนี้ได้

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของบาร์เลตต์ พบว่า ค่า Bartlett's Test of Sphericity = 14.77 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ด้วย Levene's test พบว่า ค่าของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ค่าคะแนนความถูกต้อง มีความแปรปรวน ($F = 5.67$, $p<.05$) ส่วนเวลาตอบสนอง ไม่มีความแปรปรวน ($F = 0.84$, $p = .36$) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.64 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นของกลุ่มทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรร่วมพหุคูณ ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยมีระดับเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ปัจจัย	Value	*F*	*df*	*p*
ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	0.36	83.77**	2.00	<.01

หมายเหตุ 1. ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตารางมีคะแนนเชาวน์ปัญญา = 96.98

หมายเหตุ 2. *F* Wilk's lambda (2, 96) = 83.77, $^{**}p<.01$, ค่าขนาดอิทธิพล (η_p^2) = 0.64

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น พบว่า คะแนนความถูกต้องก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน (F = 58.08, p<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.38 และเวลาตอบสนองก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน (F = 151.15, p<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.61 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น	*df*	*F*	*p*	η_p^2
คะแนนความถูกต้อง	1	58.08**	<.01	0.38
เวลาตอบสนอง	1	151.15**	<.01	0.61

หมายเหตุ **p< .01

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบทางเดียวหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA-3) ประกอบด้วย การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม นำผลมาดำเนินการเปรียบเทียบดังรายละเอียด ดังนี้

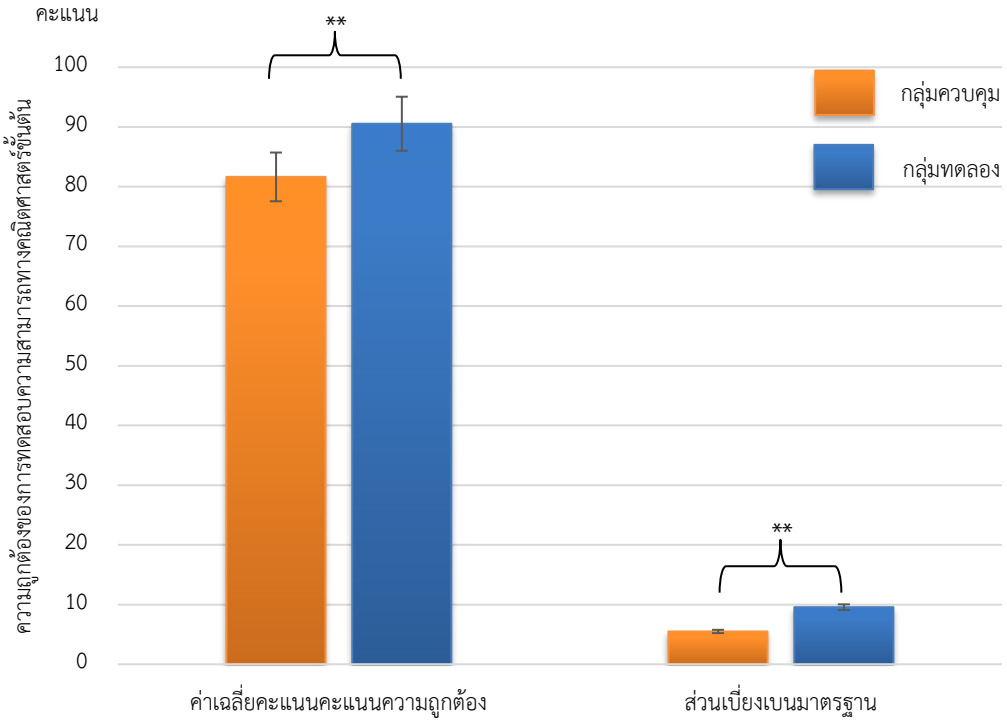
1. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ t-test ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทาง
คณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (*n* = 50)

คะแนนความถูกต้อง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
กลุ่มควบคุม	81.63[a]	5.49	49	-5.79**	<.01	0.35
กลุ่มทดลอง	90.53[a]	9.56				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.81, **p< .01

จากตารางที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่าหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35



**p< .01

ภาพที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทาง
คณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

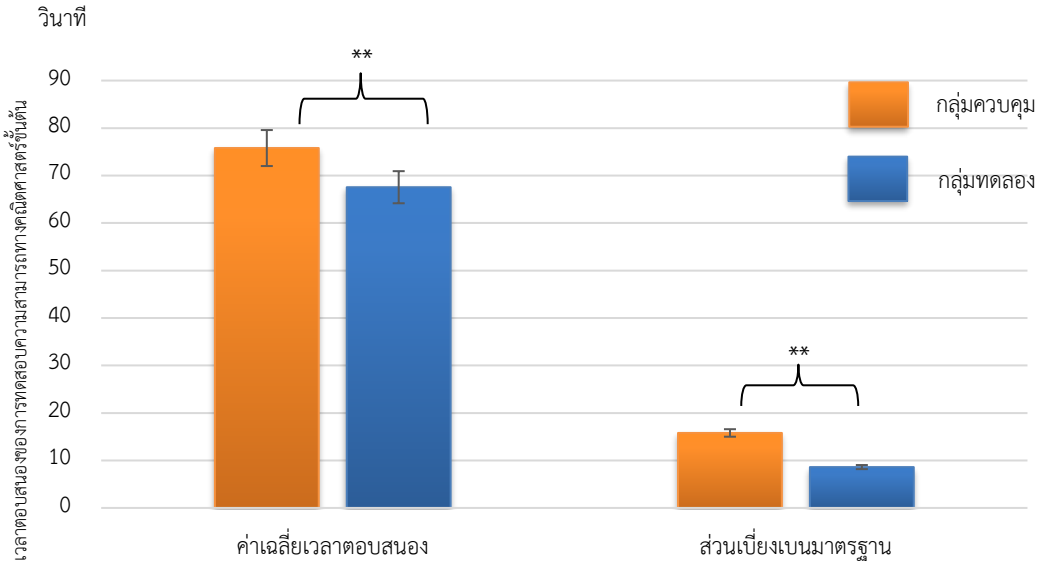
2. ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทาง
คณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n = 50)

เวลาตอบสนอง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
กลุ่มควบคุม	75.79[a]	15.79	49	3.45**	<.01	0.10
กลุ่มทดลอง	67.54[a]	8.60				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.81, **p< .01

จากตารางที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.10



**p< .01

ภาพที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น
หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

3. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) ดังตารางที่ 4-15

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box’ M พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีค่า Box’ M เท่ากับ 35.92 ค่าสถิติทดสอบ *F* เท่ากับ 11.71 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่าความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนใกล้เคียงกัน (Hair, Black, Babin & Anderson, 2010) จึงสามารถละเลยข้อตกลงนี้ได้

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของบาร์เลตต์ พบว่าค่า Bartlett's Test of Sphericity = 49.87 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วย Levene’s test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ค่าคะแนนความถูกต้อง มีความแปรปรวน ($F = 10.07$, $p<.01$) และเวลาตอบสนองมีความแปรปรวน ($F = 19.35$, $p<.01$) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.37 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรร่วมพหุคูณ ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ปัจจัย	Value	*F*	*df*	*p*
หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	0.63	28.22**	2.00	<.01

หมายเหตุ 1. ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ปรากฏในตารางมีคะแนนเชาวน์ปัญญา = 96.81

หมายเหตุ 2. *F* Wilk's lambda (2, 96) = 28.22, **p<.01, ค่าขนาดอิทธิพล (η_p^2) = 0.37

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น พบว่า คะแนนความถูกต้องหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน (F = 52.87, p<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน (F = 10.56, p<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.09 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น	*df*	*F*	*p*	η_p^2
คะแนนความถูกต้อง	1	52.87**	<.01	0.35
เวลาตอบสนอง	1	10.56**	<.01	0.09

หมายเหตุ **p< .01

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบทางเดียวก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยใช้ The Psychology Experiment Building Language Version 2.1 (PEBL) ใช้แบบทดสอบย่อยด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) ด้านตัวเลข (Dspan) ประกอบด้วย การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง นำผลมาดำเนินการเปรียบเทียบดังรายละเอียด ดังนี้

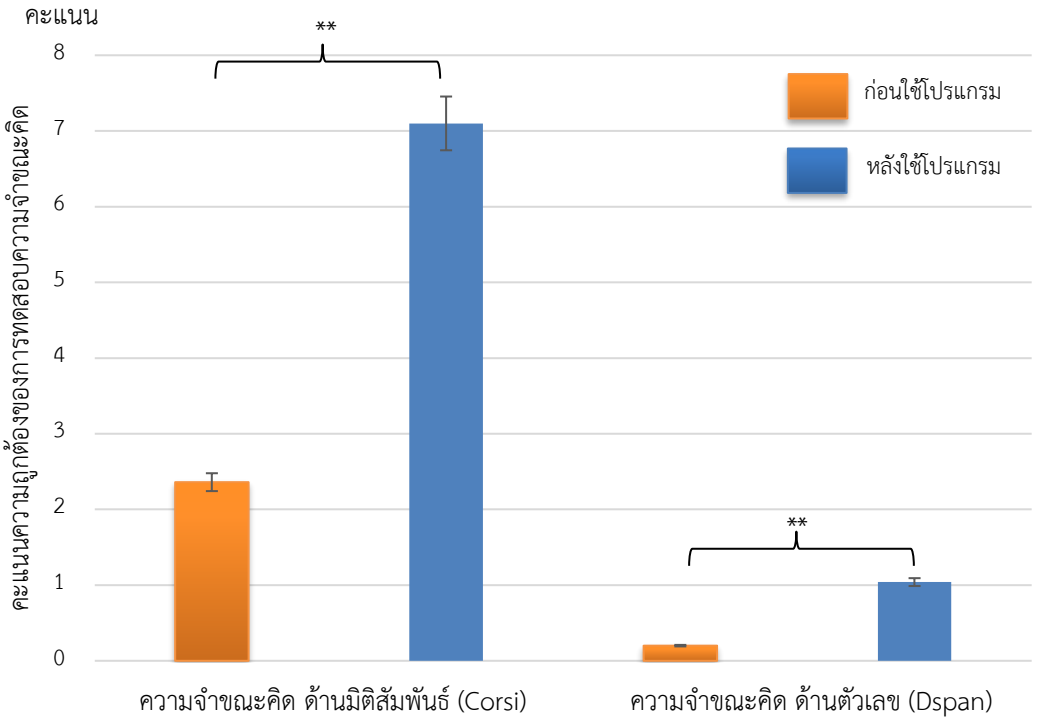
1. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง (*n*=50)

ตัวแปรตาม	ระยะทดสอบ	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ความจำขณะคิด	ก่อนใช้โปรแกรม	2.36[a]	1.97	49	13.70**	<.01	0.66
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	หลังใช้โปรแกรม	7.10[a]	1.44				
ความจำขณะคิด	ก่อนใช้โปรแกรม	0.20[a]	0.64	49	5.89**	<.01	0.26
ด้านตัวเลข (Dspan)	หลังใช้โปรแกรม	1.04[a]	0.78				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.98, **p< .01

จากตารางที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.66 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.26



**p< .01

ภาพที่ 4-15 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

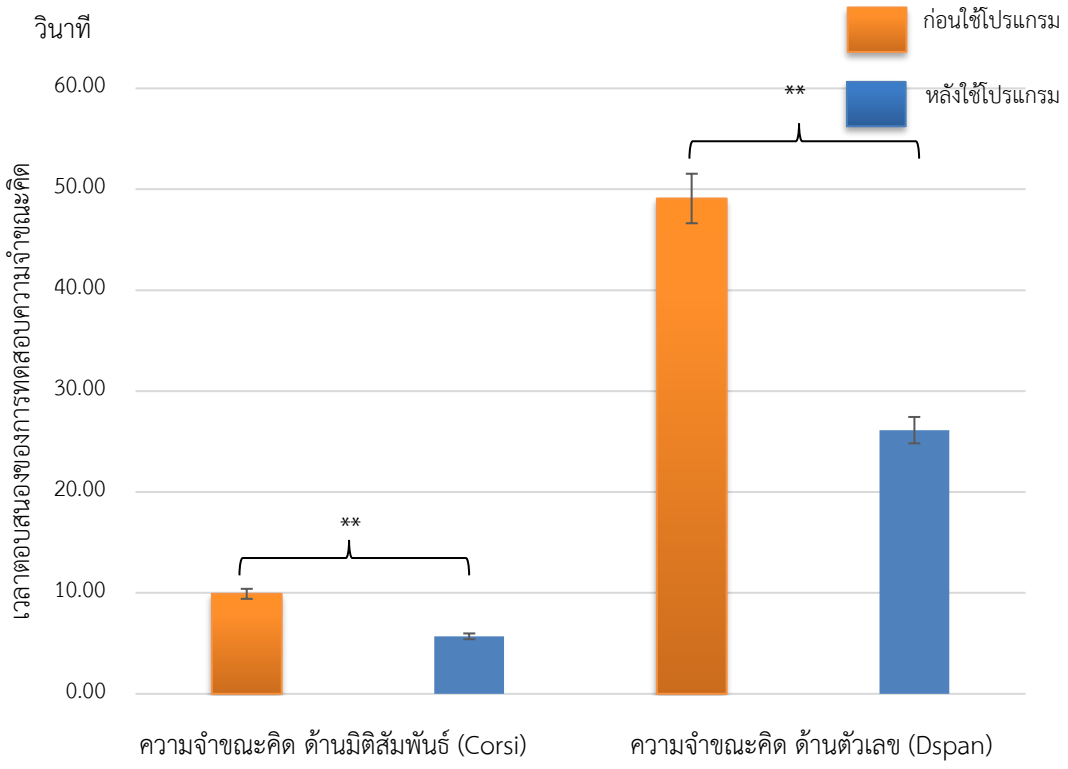
2. ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง (n=50)

ตัวแปรตาม	ระยะทดสอบ	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ความจำขณะคิด	ก่อนใช้โปรแกรม	9.91[a]	2.22	49	11.74**	<.01	0.59
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	หลังใช้โปรแกรม	5.70[a]	1.19				
ความจำขณะคิด	ก่อนใช้โปรแกรม	49.09[a]	20.42	49	7.27**	<.01	0.35
ด้านตัวเลข (Dspan)	หลังใช้โปรแกรม	26.13[a]	9.20				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.98, **p< .01

จากตารางที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.59 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35



**p< .01

ภาพที่ 4-16 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง

3. ผลการเปรียบเทียบของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) ดังตารางที่ 4-19

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box’ M พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีค่า Box’ M เท่ากับ 57.28 ค่าสถิติทดสอบ *F* เท่ากับ 5.48 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนใกล้เคียงกัน (Hair, Black, Babin & Anderson, 2010) จึงสามารถละเลยข้อตกลงนี้ได้

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของบาร์เลตต์ พบว่า ค่า Bartlett's Test of Sphericity = 923.05 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ด้วย Levene’s test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ($F = 8.74$, $p<.01$) เวลาตอบสนอง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ($F = 17.40$, $p<.01$) ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ($F = 5.93$, $p<.01$) และเวลาตอบสนอง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ($F = 17.66$, $p<.01$) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.79 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรร่วมพหุคูณ ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ปัจจัย	Value	*F*	*df*	*p*
ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง	0.21	87.33**	4.00	<.01

หมายเหตุ 1. ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตารางมีคะแนนเชาวน์ปัญญา = 96.98

หมายเหตุ 2. *F* Wilk's lambda (4, 94) = 87.33, ***p*<.01, ค่าขนาดอิทธิพล (η_p^2) = 0.79

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง พบว่า คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกัน (*F* = 187.68, *p*<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.66 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน (*F* = 137.78, *p*<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.59 คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกัน (*F* = 34.64, *p*<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.26 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน (*F* = 52.81, *p*<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ความจำขณะคิด	การทดสอบ	*df*	*F*	*p*	η_p^2
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	คะแนนความถูกต้อง	1	187.68**	<.01	0.66
	เวลาตอบสนอง	1	137.78**	<.01	0.59
ด้านตัวเลข (Dspan)	คะแนนความถูกต้อง	1	34.64**	<.01	0.26
	เวลาตอบสนอง	1	52.81**	<.01	0.35

หมายเหตุ **< .01

ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบทางเดียวหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ The Psychology Experiment Building Language Version 2.1 (PEBL) ใช้แบบทดสอบย่อยด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ประกอบด้วย การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม นำผลมาดำเนินการเปรียบเทียบดังรายละเอียด ดังนี้

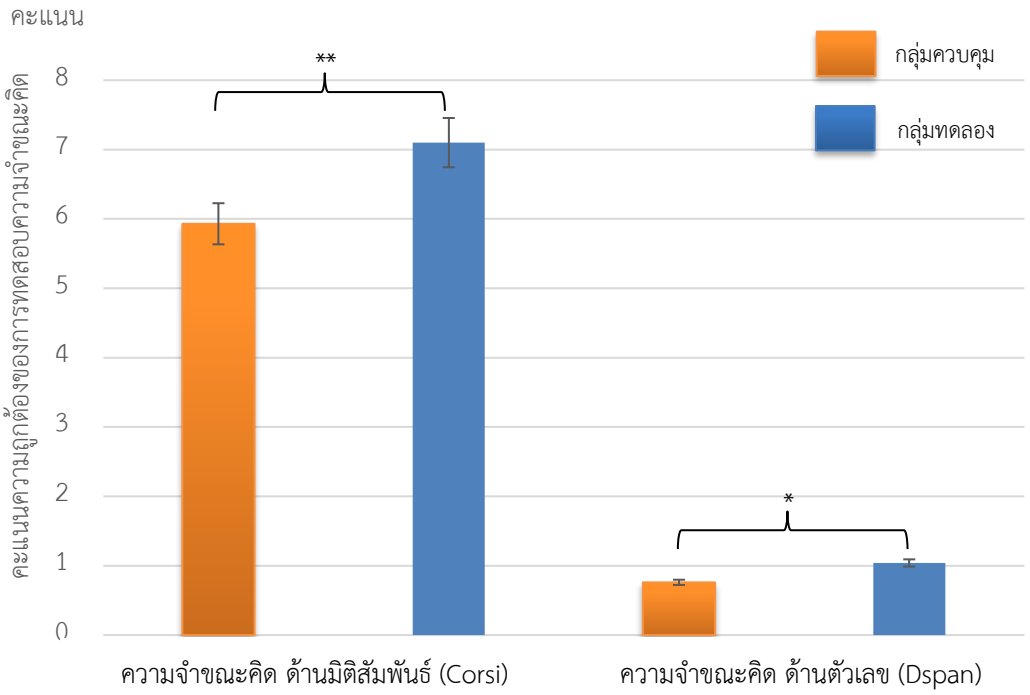
1. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (*n*=50)

ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ความจำขณะคิด	กลุ่มควบคุม	5.93[a]	1.14	49	4.60**	<.01	0.17
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	กลุ่มทดลอง	7.10[a]	1.44				
ความจำขณะคิด	กลุ่มควบคุม	0.76[a]	0.48	49	2.14*	<.05	0.05
ด้านตัวเลข (Dspan)	กลุ่มทดลอง	1.04[a]	0.78				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.81, *p< .05, **p< .01

จากตารางที่ 4-21 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.17 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05



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

ภาพที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

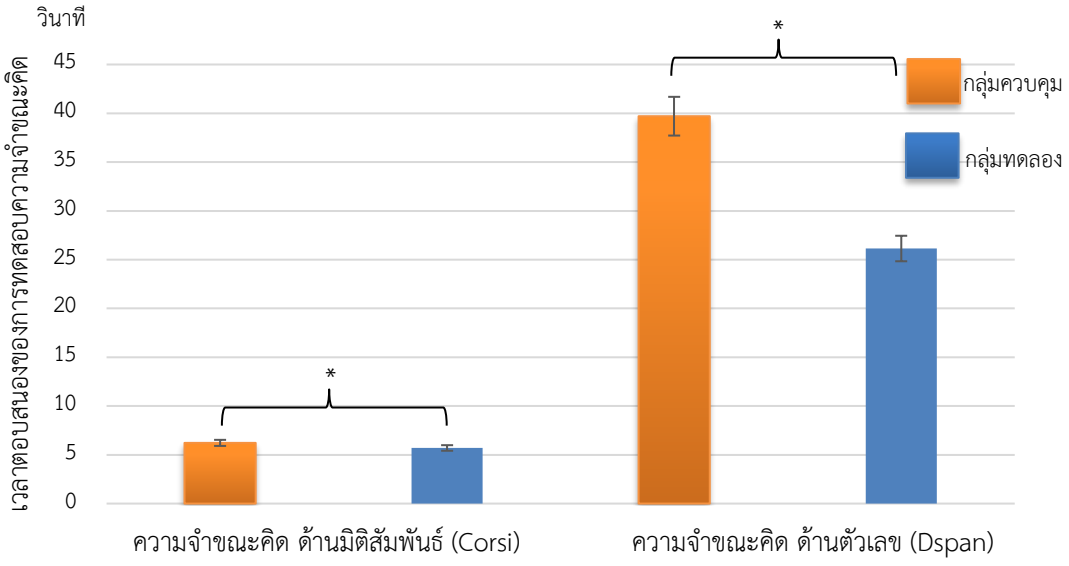
2. ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสถิติทดสอบ *t*-test ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (*n*=50)

ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	Mean[a]	*SD*	*df*	*t*	*p*	η_p^2
ความจำขณะคิด	กลุ่มควบคุม	6.22[a]	0.99	49	2.35*	<.05	0.05
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	กลุ่มทดลอง	5.70[a]	1.19				
ความจำขณะคิด	กลุ่มควบคุม	39.70[a]	36.94	49	2.46*	<.05	0.06
ด้านตัวเลข (Dspan)	กลุ่มทดลอง	26.14[a]	9.20				

[a]ค่าความแปรปรวนร่วมของกลุ่มทดลองที่ปรากฏในตาราง IQ = 96.81, *p< .05

จากตารางที่ 4-28 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.06



*p< .05

ภาพที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรม ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

3. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) ดังตารางที่ 4-29

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box' M พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีค่า Box' M เท่ากับ 99.97 ค่าสถิติทดสอบ *F* เท่ากับ 9.56 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนใกล้เคียงกัน (Hair, Black, Babin & Anderson, 2010) จึงสามารถละเลยข้อตกลงนี้ได้

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของบาร์เลตต์ พบว่าค่า Bartlett's Test of Sphericity = 1378.81 และความน่าจะเป็นทางสถิติ $p<.01$ แสดงว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วย Levene's test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน ($F = 2.32$, $p = .13$) เวลาตอบสนอง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน ($F = 1.82$, $p = .18$) ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ($F = 5.07$, $p<.05$) และเวลาตอบสนอง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน ($F = 1.89$, $p = .17$) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.28 แสดงว่าคะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการ

ทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรร่วมพหุคูณ ดังตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ (One-Way MANCOVA) จากค่า Wilk's lambda ของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ปัจจัย	Value	*F*	*df*	*p*
หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	0.72	9.31**	4.00	<.01

หมายเหตุ 1. ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่ปรากฏในตารางมีคะแนนเชาวน์ปัญญา = 96.81

หมายเหตุ 2. *F* Wilk's lambda (4, 94) = 9.31, ***p*<.01, ค่าขนาดอิทธิพล (η_p^2) = 0.28

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน (*F* = 20.42, *p*<.01) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.17 และเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน (*F* = 5.59, *p*<.05) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน (*F* = 4.60, *p*<.05) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 และเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน (*F* = 6.28, *p*<.05) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.06 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรร่วม

ความจำขณะคิด	การทดสอบ	*df*	*F*	*p*	η_p^2
ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)	คะแนนความถูกต้อง	1	20.42**	<.01	0.17
	เวลาตอบสนอง	1	5.59*	<.05	0.05
ด้านตัวเลข (Dspan)	คะแนนความถูกต้อง	1	4.60*	<.05	0.05
	เวลาตอบสนอง	1	6.28*	<.05	0.06

หมายเหตุ *p< .05 ; **p< .01

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ และเพื่อศึกษาผล

การใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ โดยศึกษาประเด็นดังต่อไปนี้ ผลของการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมการทดลอง การเปรียบเทียบคะแนนการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา ผลต่างเวลาตอบสนองของการทดสอบตัวแปรตาม การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และความจำขณะคิดก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมในกลุ่มทดลอง การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาล 3 อายุระหว่าง 5-6 ปี ที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการคัดกรอง จำนวน 100 คน ในอำเภอสอยดาว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2 ปีการศึกษา 2563 ที่มีคุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือกตามกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัย วิธีวิธีการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research Design) แบบ 2 กลุ่มวัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest and Posttest Design) (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 33-37) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตามดำเนินการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ใช้เวลาประมาณ 20 นาทีต่อกิจกรรม เป็นระยะเวลา 20 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานการวิจัย ด้วยสถิติทดสอบ (One –way MACOVA) และค่าขนาดอิทธิพล (Effect size)

สรุปผลการวิจัย

ผลการการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ และสมมติฐานการวิจัย ได้ดังนี้

1. ผลของการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ โดยได้ปรับให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็นกิจกรรมเสริมในกลุ่มกิจกรรมเกมการศึกษา จากกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดประสบการณ์ แบ่งย่อยออกได้เป็น 20 ครั้ง ใช้เวลา 20 วัน วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม มีกิจกรรมดังนี้

1.1 กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)

กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

2) เขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนครั้งที่ต้องกระโดด (เส้นเทปจำนวนกำหนดหมายเลข 0 เป็นจุดเริ่มต้น กระโดดแรกเริ่มที่หมายเลข 1 จนถึงหมายเลข 25 บนเส้น)

3) เริ่มกระโดดเท้าคู่ตามเส้นบรรทัดจำนวน ตามจำนวนที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋าในกล่องใส ขานเลขที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋าก่อนกระโดดบนเลขบรรทัดจำนวน เมื่อกระโดดครบจำนวนที่ได้แล้ว ผู้เข้าร่วมการทดลองพูดหมายเลขบนเส้นบรรทัดจำนวนที่ไปหยุด

4) เขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนกระโดด จนครบ 5 ครั้ง

1.2 กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

กำหนดการทดลองดังนี้

ในช่วงเริ่มต้นของการทดลอง แต่ละครั้งผู้ทดลองและผู้เข้าร่วมเดินใกล้กันตามเส้นทางตรง (เพื่อสังเกตผู้ทดลองขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง) ซึ่งกำหนดการทดลองดังนี้

1) อธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

2) ผู้ทดลองพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ เพื่อที่จะดำเนินการทิศทางของการเคลื่อนไหวให้ส่งสัญญาณเริ่ม ทันทีหลังจากสัญญาณไปตัวอย่าง เช่น ผู้เข้าร่วมเลี้ยวขวาแล้วเดินต่อไปอีก 22 วินาที ทวนหมายเลขเริ่มต้นแล้วให้ผู้เข้าร่วมพูดผลลัพธ์ของการคำนวณแต่ละครั้ง

3) ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด

4) ผู้ทดลองพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ “2” นับเพิ่ม ไปทางขวา “เริ่ม” 22 วินาที ทวนหมายเลขเริ่มต้นผู้เข้าร่วมการทดลองพูดผลลัพธ์ของการคำนวณ ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” แล้วทวนหมายเลขสุดท้ายก่อนเริ่มการเดิน

ครั้งที่ 1 นับเพิ่มทีละ 1 คำสั่ง ▶ 2 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 2 นับเพิ่มทีละ 1 คำสั่ง ▶ 3 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 3 นับเพิ่มทีละ 1 คำสั่ง ▶ 4 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

5) ผู้ทดลองสั่งให้ไปที่จุดเริ่มต้น2 ผู้ทดลองให้สัญญาณ “เริ่ม” ทั้งคู่เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด (ในช่วงเริ่มต้นของการทำกิจกรรมแต่ละครั้ง ผู้ทดลองและผู้เข้าร่วม เดินใกล้กันตามเส้นทางตรง เพื่อสังเกตผู้เข้าร่วมขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง)

ครั้งที่ 4 นับลดทีละ 1 คำสั่ง ▶ 8 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 5 นับลดทีละ 1 คำสั่ง ▶ 10 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 6 นับลดทีละ 1 คำสั่ง ▶ 12 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (ผู้เข้าร่วมการทดลองทวนตัวเลขสุดท้าย)

1.3 กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)

กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ แผ่นรูปร่างเรขาคณิต จำนวน 4 รูปแบบ รูปแบบละสี่สี (แดง เขียว เหลือง น้ำเงิน)

2) กติกาการแบ่งประเภทโดยเกณฑ์ในการแบ่งมี 4 ข้อดังนี้

(1) สีเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(2) สีต่างกันอยู่ด้วยกัน

(3) รูปร่างเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(4) รูปร่างต่างกันอยู่ด้วยกัน

1.4 กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?) กำหนดการทดลองดังนี้

1) ผู้ทดลองอธิบายให้กลุ่มทดลองทราบถึงวิธีการทดลอง

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

-บัตรรูปสัตว์น้ำ จำนวน 5 ชนิด คือ ปลา หอย ปู กุ้ง หมึก ชนิดละ 3 สี คือ

-บัตรรูปสัตว์บก จำนวน 5 ชนิด คือ กระต่าย สุนัข หมู แมว ไก่ ชนิดละ 3 สี

-บัตรคำสั่ง

(2) เมื่อเริ่มเล่นให้กลุ่มทดลองยืนหลังเส้น ผู้ทดลองสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นขานคำสั่งทีละใบ

(3) กลุ่มทดลองปฏิบัติตามใบคำสั่ง ตรวจสอบความถูกต้องจดบันทึกผล

(4) กลุ่มทดลองยืนหลังเส้นทุกครั้ง เมื่อผู้ทดลองสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นมาขานคำสั่งดำเนินกิจกรรมจนครบเวลา 20 นาที

ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สรุปได้ว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรมและใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม โดยก่อนการใช้โปรแกรม ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ พบว่า เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen’s d อยู่ในระดับมาก (ขนาดอิทธิพล = 2.68) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) หลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen’s d อยู่ในระดับมาก (ขนาดอิทธิพล = 2.87) และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง Cohen’s d อยู่ในระดับปานกลาง (ขนาดอิทธิพล = 0.49)

จากผลของการพัฒนาโปรแกรม พบว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 1

2. ผลการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด ระหว่างกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กิจกรรมในชั้นเรียนปกติ โดยพิจารณาจาก

2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติ One – Way MANCOVA โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบตัวแปรตามในกลุ่มทดลอง แบ่งออกเป็นคะแนนความถูกต้อง (คะแนน) และเวลาตอบสนอง (วินาที) พบว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 90.66 คะแนน ส่วนก่อนการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 80.30 คะแนน โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.38 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ต่ำกว่าก่อนการใช้โปรแกรม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 67.50 ส่วนก่อนการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 89.19 โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.61

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณ ของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box’ M พบว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธี Bartlett's Test of Sphericity พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ด้วย Levene’s test พบว่า ค่าของ

การทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ค่าคะแนนความถูกต้อง มีความแปรปรวน ส่วนเวลาตอบสนอง ไม่มีความแปรปรวน โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.64 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นของกลุ่มทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น พบว่า คะแนนความถูกต้องก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.38 และเวลาตอบสนองก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.61 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 2.1

2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ One-Way MANCOVA โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบตัวแปรตามระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แบ่งออกเป็นคะแนนความถูกต้อง (คะแนน) และเวลาตอบสนอง (วินาที) ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยหลังการใช้โปรแกรมกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 90.53 คะแนน ส่วนกลุ่มควบคุม มีคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 81.63 หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น น้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น เท่ากับ 67.54 วินาที ส่วนกลุ่มควบคุมใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ลดลงเท่ากับ 75.79 วินาที กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.10

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box' M พบว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวมใช้วิธีของ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วย Levene's test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ค่าคะแนนความถูกต้อง มีความแปรปรวน และเวลาตอบสนองมีความแปรปรวน โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.37 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น พบว่า คะแนนความถูกต้องหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.09 แสดงว่าคะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 2.2

2.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติ One-Way MANCOVA โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตามของกลุ่มทดลอง แบ่งออกเป็นคะแนนความถูกต้อง (คะแนน) และเวลาตอบสนอง (วินาที) พบว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม โดยหลังการใช้โปรแกรมกลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 7.10 คะแนน และ 1.04 คะแนน ตามลำดับ ส่วนก่อนการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 2.36 คะแนน และ 0.20 คะแนน ตามลำดับ กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.66 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.26

หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ต่ำกว่าก่อนการใช้โปรแกรม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 5.70 วินาที และ 26.13 วินาที ตามลำดับ ส่วนก่อนการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 9.91 วินาที และ 49.09 วินาที ตามลำดับ กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.59 และหลังการใช้โปรแกรม

กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box' M พบว่า ความแปรปรวนร่วมของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของBartlett's Test of Sphericity พบว่าค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ด้วย Levene's test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง ค่าคะแนนความถูกต้อง และเวลาตอบสนองด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองด้านตัวเลขของความจำขณะคิด มีความแปรปรวน โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.79 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง พบว่า คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.66 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.59 คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.26 และเวลาตอบสนองหลังการใช้โปรแกรมของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 2.3

2.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติ One-Way MANCOVA โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แบ่งออกเป็นคะแนนความถูกต้อง (คะแนน) และเวลาตอบสนอง (วินาที) ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 7.10 คะแนน และ 1.04 คะแนน ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุม มีคะแนนการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 5.93 คะแนน และ 0.76 คะแนน ตามลำดับ หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.17 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองหลังการทดลองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 5.70 วินาที และ 26.14 วินาที ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) เท่ากับ 6.22 วินาที และ 39.70 วินาที ตามลำดับ หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลา

ตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 และหลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.06

ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณของกลุ่มตัวอย่างด้วย Box' M พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ใช้วิธีของBartlett's Test of Sphericity พบว่าค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม มีความสัมพันธ์กับคะแนนเชาวน์ปัญญาในฐานะที่เป็นตัวแปรร่วมจริง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความแปรปรวนของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ด้วย Levene's test พบว่า ค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน เวลาตอบสนอง ด้านมิติสัมพันธ์ของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน ค่าคะแนนความถูกต้อง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด มีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเวลาตอบสนอง ด้านตัวเลขของความจำขณะคิด ไม่มีความแปรปรวน โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.28 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม พบว่า คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.17 และเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 คะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำ

ขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 และเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.06 แสดงว่า คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบการทดสอบความจำขณะคิด หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยผลต่างเวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิดก่อนและหลังการใช้โปรแกรมลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ข้อ 2.4

โดยผลการตรวจสอบสมมติฐานได้ตามตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ผลการตรวจสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน
1. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพเหมาะสำหรับพัฒนาสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	
1.1 ผลการประเมินโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	1) การตรวจสอบสมมติฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลดังนี้ (1) กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต ค่าเฉลี่ย I-CVI = .96 (2) กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ ค่าเฉลี่ย I-CVI = .97 (3) กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก ค่าเฉลี่ย I-CVI = .98 (4) กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน ค่าเฉลี่ย I-CVI = .98 (5) ค่าเฉลี่ยของดัชนีวัดความสอดคล้อง S-CVI/Ave = .97
1.2 ผลการศึกษานำร่องโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย	1) ตรวจสอบสมมติฐานโดยศึกษานำร่อง ได้ผลดังนี้ (1) ผลการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น กลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรมและใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ผลการทดสอบด้วยสถิติ Dependent *t*-test พบว่า แตกต่างกัน (t = -12.03, p<.01, Effect Size = 2.68) (2) ผลการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรมและใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่าก่อนใช้โปรแกรม ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) ด้วยสถิติ Dependent *t*-test พบว่า แตกต่างกัน (t = -12.84, p<.01, Effect Size =2.87) และผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) ด้วยสถิติ Dependent *t*-test พบว่า แตกต่างกัน (t = -2.18, p<.05, Effect Size = 0.49)

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

สมมติฐาน	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน
2. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	
2.1 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม	การเปรียบเทียบผลของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง 1) หลังการใช้โปรแกรมกลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องสูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.38 2) หลังการใช้โปรแกรมกลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.61 3) คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.64
2.2 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม	การเปรียบเทียบผลของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 1) กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 2) กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.10

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

สมมติฐาน	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน
2. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	
2.2 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม	3) คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.37
2.3 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม	การเปรียบเทียบผลของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมของกลุ่มทดลอง 1) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.66 2) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.26

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

สมมติฐาน	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน
2. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	
2.3 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิดน้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม	3) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองในการทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.59 4) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.35 5) คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) และด้านตัวเลข (Dspan) โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.79
2.4 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม	การเปรียบเทียบผลของค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 1) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.17 2) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05

ตารางที่ 5-1 (ต่อ)

สมมติฐาน	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน
2. โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์	
2.4 ค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองการทดสอบความจำขณะคิด หลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองมีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าและใช้เวลาตอบสนองการทดสอบน้อยกว่ากลุ่มควบคุม	3) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองใช้เวลาตอบสนองของการทดสอบความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อย (ηp^2) = 0.05 4) หลังการใช้โปรแกรม กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องของการทดสอบความจำขณะคิดด้านตัวเลข (Dspan) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (ηp^2) = 0.06 5) คะแนนเชาวน์ปัญญามีผลต่อความแตกต่างของคะแนนความถูกต้องด้านตัวเลข โดยมีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับมาก (ηp^2) = 0.28

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดประสบการณ์ แบ่งย่อยออกได้เป็น 20 ครั้ง ใช้เวลา 20 วัน วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากโปรแกรมนี้ ใช้เวลา 20 วัน วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม ตรงกับที่(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ได้บอกว่าเด็กอายุ 5 ปี มีความตั้งใจจดจ่อ (Concentration) ซึ่งเป็นการทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างต่อเนื่อง 15-20 นาที หรือจนเสร็จ ส่งผลต่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ส่งผลต่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ มีวิจัยระบุถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบจำนวนเชิงประมาณการ เป็นระบบที่สนับสนุนการประมาณค่าขนาดของวัตถุเป็นกลุ่มและคณิตศาสตร์ ดังนั้นแนวทางการวิจัยที่ทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างกันจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้การศึกษาก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นว่าการฝึกฝนซ้ำ ๆ เกี่ยวกับการ

คำนวณโดยประมาณซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการรับรู้จำนวนช่วยเพิ่มทักษะการคิดเลขในใจในผู้ใหญ่ (Park & Brannon, 2014, p. 188) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการฝึกฝนซ้ำ ๆ ในการจัดการกับสัญลักษณ์จำนวนที่ไม่ใช้ภาษาทำให้เด็กมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเด็กก่อนวัยเรียนเพิ่มขึ้น ด้วยการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (TEMA-3) และการวัดแบบไม่เป็นทางการของเด็กเล็กรวมถึงการเรียนรู้เกี่ยวกับจำนวน การแจกแจงนับและการนับ การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลของการฝึกเลขคณิตโดยการประมาณ สามารถเพิ่มทางความรู้ความเข้าใจระหว่างการจัดการปริมาณแบบอวัจนภาษากับการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยทั่วไป (Park, Bermudez, Roberts, & Brannon, 2016, p. 290) ซึ่ง Bredo (1994, p. 28) และมีการใช้TEMA-3 เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลองในเด็กปกติ โดย McCarthy, Tiu, & Li (2018, pp.) ได้ศึกษาการใช้สื่อมัลติมิเดียเพื่อการเรียนรู้ในห้องเรียน ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ขั้นต้น การศึกษาได้รับการออกแบบการเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมิเดียในเด็กปฐมวัย ใช้เวลา 4 สัปดาห์ โดยที่นักเรียนโต้ตอบกับเกมการเรียนรู้ดิจิทัล 16 เกมที่มีตัวละครแอนิเมชั่นยอดนิยม โดยผลการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น พบว่า ความรู้คณิตศาสตร์ของเด็กเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยวัดจากรายการ TEMA-3 ผลคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง 21.04 คะแนน และ ผลคะแนนการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการทดลอง เท่ากับ 23.75

Bernabini, Bonifacci and de Jong (2021) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการอ่านกับทักษะความรู้ความเข้าใจพื้นฐานของคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบการอ่านและคณิตศาสตร์ ทดสอบระดับเชาว์ปัญญาแบบไม่ใช้ภาษา และทดสอบความสามารถทางปัญญาพื้นฐานต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ (การนับ การรับรู้ตัวเลข และความรู้เกี่ยวกับระบบตัวเลข) นอกจากนี้ยังทดสอบความจำขณะคิด (Working Memory) การศึกษานี้ ความสามารถทางปัญญา (Cognitive Abilities) ถูกนำมาใช้ในการทำนายความสามารถทางคณิตศาสตร์และการอ่าน ผลแสดงให้เห็นบทบาทหลักขององค์ประกอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์ (Visuo-Spatial) ซึ่งความจำขณะคิดเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน เช่น การแก้ปัญหา และการคำนวณ ซึ่งในเรื่องความสัมพันธ์ของคะแนนเชาวน์ปัญญา (Intelligence) ที่เกี่ยวกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) และความจำขณะคิด(Working Memory) นั้น Klupp, Möhring, Lemola and Grob (2021, pp.1-9) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine Motor Skills) ซึ่งเป็นทักษะการใช้มือ นิ้ว และข้อมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ กับคะแนนเชาวน์ปัญญา (Intelligence)ในเด็กปกติและเด็กสมาธิสั้น (ADHD) โดยตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ที่เชื่อมโยงระหว่างพัฒนาการทางการเคลื่อนไหวและการเรียนรู้ โดยตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก และคะแนนเชาวน์ปัญญา ในเด็กที่มี

พัฒนาการปกติ จำนวน 139 คน อายุระหว่าง 7-13 ปี กับเด็กในวัยเดียวกันที่มีภาวะสมาธิสั้น จำนวน 46 คน มีวิธีการ ดังนี้ ประเมินทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก ด้วยแบบทดสอบประเมินการเคลื่อนไหวมาตรฐานสำหรับเด็ก ประเมินคะแนนเชาวน์ปัญญา ด้วยแบบทดสอบคะแนนเชาวน์ปัญญาตามมาตรฐานสำหรับเด็ก (Wechsler Intelligence) ข้อสรุปของผลการวิจัย พบว่า กล้ามเนื้อมัดเล็ก คะแนนเชาวน์ปัญญา กับการให้เหตุผลทางการเรียนรู้ (Perceptual Reasoning) และความเข้าใจภาษาในเด็กที่มีภาวะสมาธิสั้น มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่มีพัฒนาการปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลในการเรียนรู้ (Perceptual Reasoning) ความเร็วในการประมวลผล (Processing Speed) และความจำขณะคิด(Working Memory) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก และความเข้าใจทางภาษา (Verbal Comprehension) ไม่สัมพันธ์กัน สรุปได้ว่าทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก ยังคงเป็นตัวบ่งชี้ทักษะการเรียนรู้ ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยรุ่นตอนต้น นอกจากนี้ การศึกษาในปัจจุบันยังเน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและความฉลาดในเด็กที่มีภาวะสมาธิสั้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับมุมมองของทฤษฎีปัญญาสมานกาย ช่วยสนับสนุนเรื่องการนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีปัญญาสมานกายไปใช้ในการรักษาเด็กที่มีภาวะสมาธิสั้น

จากการศึกษาการเชื่อมโยงทางปัญญาระหว่างการเคลื่อนที่กับสภาพแวดล้อม การพัฒนาส่วนนี้เป็นเรื่องที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันมากกว่าที่จะเป็นปัจจัยกำหนดทางเดียว ด้วยเหตุนี้ ปัญญาสมานกายจึงเป็นเรื่องของสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางปัญญาที่เกิดขึ้น สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้ทำการปรับปรุงแล้วหลังจากนำเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมในประเด็นหลัก ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และความสอดคล้องด้านกระบวนการทางปัญญา โดยการคำนวณดัชนีความตรงตาม (CVI-Content Validity Index) เพื่อพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นจึงปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย และคู่มือการใช้งานโปรแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข ไปทำการศึกษานำร่องทดลองใช้กับเด็ก ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง ได้การดำเนินการแก้ไขหลังการใช้โปรแกรม โดยค่าคะแนนความถูกต้องและเวลาตอบสนองของการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีค่าคะแนนความถูกต้องมากกว่าก่อนการใช้โปรแกรม และใช้เวลาตอบสนองการทดสอบ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าก่อนการใช้โปรแกรม โดยกิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity) เป็นเรื่องของเส้นจำนวนเป็นการฝึกเรื่องของการประมาณตามระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System) เพื่อพิสูจน์ว่าการเคลื่อนไหวร่างกายจะเพิ่มผลของการฝึกเรื่องของการประมาณ สอดคล้องกับการศึกษาของ Link (2013) ศึกษาเรื่องของเส้นจำนวน ได้ช่วยยืนยันประสิทธิภาพของการฝึกระบบจำนวนเชิงประมาณการโดยเพิ่มการกระตุ้นด้วยเส้นจำนวนในใจ เห็นได้ชัดว่าประโยชน์ของการเคลื่อนไหวทางร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าจำนวนอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกับการคิดเลขในใจ เช่น การเดินในระยะทางที่น้อยหรือมากตามเส้นจำนวนขึ้นอยู่กับกลุ่มขนาดจำนวน นอกจากนี้ จำเป็นต้องมีวิธีการเสริมเรื่องของจำนวนในรูปแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะกับความต้องการส่วนบุคคลของเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีปัญหาเรื่องของจำนวนหรือเลขคณิตพื้นฐานโดยเฉพาะ ถือว่าการส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเป็นความเป็นไปได้รูปแบบใหม่ในการฝึกเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการฝึกด้านปัญญาสมานกาย สามารถจะใช้ได้กับเด็กที่มีความสามารถเรียนรู้ช้า (ซึ่งวัดจากความสามารถทั่วไปและความจำขณะคิด) และการฝึกด้านปัญญาสมานกายอาจเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับเด็กที่มีความสามารถด้านจำนวนต่ำกว่า (รวมถึงความผิดปกติของพัฒนาการ) (Link, 2013, pp. 82-83) กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math) เกี่ยวข้องกับอิทธิพลระหว่างแนวคิดและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิต ประจำวัน ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวทางซ้ายกับตัวเลขที่น้อยกว่า และการเคลื่อนไหวทางด้านขวาด้วยตัวเลขที่มากกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Dackermann (2017) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปัญญาสมานกาย: การฝึกที่เป็นประโยชน์ทั้งพื้นฐานทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ โดยการออกแบบการฝึกอบรมปัญญาสมานกาย เป็นไปตามวิธีการการคำนวณในใจ (เช่นการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายสำหรับตัวเลขที่ลดลง การเคลื่อนที่ไปทางขวาจะได้ตัวเลขที่เพิ่มขึ้น) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อฝึกความสามารถพื้นฐานทางด้านการคำนวณของเด็กผสมการเคลื่อนไหวทางกายซึ่งปรับให้เข้ากับวัยของเด็กและพัฒนามาจากรูปแบบง่าย ๆ เช่นการเปรียบเทียบ และการประมาณเส้นจำนวน ไปสู่รูปแบบโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้น และระยะห่างของจำนวนที่เท่ากัน ผลการศึกษาการฝึกใช้เป็นตัววัดผลในการศึกษาครั้งนี้ คือ การประมาณเส้นจำนวน การศึกษาที่ 1 การเคลื่อนไหวตามหมวดหมู่บนแผ่นเต้นรำ เราได้พัฒนาและประเมินการฝึกปัญญาสมานกายโดยการเปรียบเทียบขนาดของตัวเลขกับการตอบสนองของร่างกายทั้งหมดบนแผ่นเต้นรำดิจิทัล ผลการศึกษาแสดงประโยชน์ของการฝึกที่เด็กมีพัฒนาการด้านการประมาณเส้นจำนวนได้ดีขึ้นหลังจากการฝึกโดยรวมเมื่อเทียบกับการฝึกควบคุม การศึกษาที่ 2 การเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องตามเส้นจำนวน ซึ่งเด็กได้รับการฝึกเกี่ยวกับการประมาณ

เส้นจำนวนที่ต้องมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องตามเส้นจำนวน การฝึกนำไปสู่ผลพัฒนาการการประมาณเส้นจำนวน และยังมีประสิทธิภาพการเพิ่มตัวเลขหลักเดียว การศึกษาที่ 3: การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องตามเส้นจำนวนโดยใช้สื่อในห้องเรียน ฝึกโดยใช้สื่อที่สามารถพบได้ในห้องเรียน เช่น กระดานไวท์บอร์ด โดยฝึกการประมาณเส้นจำนวนด้วยเส้นจำนวนที่สั้นกว่า เดินไปตามกระดานเพื่อหาค่าประมาณบนเส้นหมายเลข 0–100 โดยให้เนื้อหาที่เป็นตัวเลขเดียวกันบนแท็บเล็ตพีซี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเด็กสามกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยเงื่อนไขทั้งสาม แล้วพบว่าการประมาณเส้นจำนวนที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดหลังจากการฝึกอบรมเป็นตัวเป็นตน เด็กที่ได้รับการฝึกบนกระดานไวท์บอร์ดมีสมาธิในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้กิจกรรมที่ 3 คณิตคิด จำแนก (Classify of Geometric Shapes) และกิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ ข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) รูปแบบสิ่งประดิษฐ์ที่นักเรียนสามารถโต้ตอบเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งวัตถุเหล่านี้อาจเป็นรูปธรรมหรือดิจิทัลก็ได้ตราบเท่าที่นักเรียนสามารถเลื่อนพลิกและเปลี่ยนรูปแบบได้ราวกับว่าเป็นวัตถุสามมิติจริง (Moyer, Bolyard, & Spikell, 2002) งานวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับปัญญาสมานกายได้พิสูจน์ข้อสันนิษฐานของความเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ส่งผลโดยตรงต่อการรับรู้และการควบคุม (Barsalou, 2008) สมมติฐานเชิงทฤษฎีหลายประการให้ข้อมูลเชิงลึกว่าการจัดการเรียนรู้สนับสนุนการพัฒนาความคิดเชิงเหตุผลของเด็กที่อายุน้อย ซึ่งต้องพึ่งพาการมีปฏิสัมพันธ์ทางร่างกายกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถด้านการให้เหตุผล กระบวนการระหว่างการสร้างความรู้เมื่อเทียบกับการได้รับความรู้นั้นสอดคล้องกับวิธีที่ใช้ทดสอบสมมติฐานในระหว่างการทดสอบมากขึ้น และการติดตามวิธีการคิดคำนวณจากการสังเกตระหวางกระบวนการปฏิบัติยังช่วยให้สามารถตอบคำถามการประเมินรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินการเรียนรู้ (Tran, Smith, & Buschkuehl, 2017) การเคลื่อนไหวทางกายสามารถเพิ่มการเรียนรู้และความจำขณะคิด ซึ่งการศึกษาในปัจจุบันศึกษาว่าผลกระทบนี้ลดลงตามช่วงวัยหรือไม่ ในการศึกษาที่ 1 ช่วง อายุ 7-9 ปีทำภารกิจ 2 ด้าน ตามเงื่อนไขรูปแบบของทฤษฎีปัญญาสมานกาย เด็กอายุเจ็ดขวบมีความจำขณะคิดเพิ่มมากกว่าเด็กอายุ 9 ขวบ และส่งผลต่อเด็กผู้ชายมากกว่าเด็กผู้หญิง การศึกษา 2 ไม่พบว่าสิ่งนี้บ่งชี้ว่าช่วยเพิ่มการเรียนรู้และความจำขณะคิดในวัยผู้ใหญ่ ซึ่งการศึกษานี้ชี้แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนไหวทางกายช่วยเพิ่มความจำขณะคิดอย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มที่อายุน้อยที่สุด (อายุ 7 ปี) แต่ไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยความจำขณะคิดในเด็กโตหรือผู้ใหญ่ (Schaefer, 2019, pp. 233-244)

2. ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสามารถเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีสำคัญที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมคือTriple Code Model (TCM) ซึ่งเป็นโมเดล

หลากหลายรูปแบบทางการประมวลผลด้านตัวเลข โดยระบบสัญลักษณ์ทางตัวเลขทำหน้าที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการแทนตัวเลขด้วยขนาดเชิงเปรียบเทียบ (Magnitude Representation) ด้านการแทนตัวเลขด้วยภาษา (Verbal Number Words) ด้านการใช้สัญลักษณ์แทนตัวเลข (Visual Arabic Number Form) (Kaufmann et al., 2013, pp. 106-113) อีกทฤษฎีที่ใช้คือทฤษฎีปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) ได้กล่าวถึงซึ่งระบบประสาทที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบแกนที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) เป็นที่รู้จักกันในการตอบสนองเป็นตัวกระตุ้นตัวเลขที่เป็นสัญลักษณ์ เช่น หมายเลขอารบิก (Cantlon, Brannon, Carter, & Pelphrey, 2006, p. 125) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่ (1) ระบบปัจเจกคู่ขนาน (Parallel Individuation System, PIS) และ (2) ระบบจำนวนเชิงประมาณการ (Approximate Number System, ANS) (พีร วงศ์อุปราช, 2561) ระบบแกนส่วน IPS (Intraparietal Sulcus) นั้นสอดคล้องกับรูปแบบโมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสามสำหรับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข หรือTriple Code Model (TCM) และ 2) ระบบสนับสนุนทั่วไปที่ทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ (ได้แก่ ความจำระยะยาว ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำขณะคิด ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจ หรือการประมวลผลด้านรับสัมผัส) ซึ่งเป็นระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลเชิงตัวเลขอีกระบบหนึ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยความจำขณะคิด (Working Memory) ซึ่งสองทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ได้นำมาการประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) ที่เน้นความสำคัญของข้อมูลการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Piaget & Inhelder, 1969) โดยกำหนด ท่าทาง เวลาของรูปแบบกิจกรรมตามโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ตามพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยและสอดคล้องกับกระบวนการทางปัญญาพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ได้ 4 กิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity) เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical Core Deficit Model) กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math) เป็นกิจกรรมสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-Specific Deficit Model) กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) และกิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?) เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain General Deficit Model) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการออกแบบการเคลื่อนไหวรูปแบบปัญญาสมานกายสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมุ่งศึกษาการจัดประเภทการออกแบบกิจกรรมปัญญาสมานกายสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อเสนอการวิเคราะห์

แนวคิดที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบกิจกรรมปัญญาสมานกาย รูปแบบของการออกแบบการเรียนการสอนที่ได้สร้างเงื่อนไขเพื่อให้นักเรียนได้รับการพัฒนาการระบบการเคลื่อนไหวที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ การประเมินวิธีการสอนช่วยเสริมสร้างความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญาและรูปแบบการสอน (Abrahamson & Bakker, 2016, pp. 1-10) ซึ่งองค์ประกอบของการฝึกที่ส่งผลต่อเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปสามารถเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้หากได้รับการเสริมโดยตรง (Gersten et al., 2009; Clements, & Sarama, 2011) หลักการสำหรับการสอนคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิผลตรงกับที่ Ginsburg (2006) ซึ่งระบุว่าการฝึกทางคณิตศาสตร์ในช่วงแรกควรเป็นไปตามพัฒนาการตามของวัย ควรจัดให้มีเกมและกิจกรรมที่สามารถกระตุ้นให้เด็กสร้างการเรียนรู้ กระตุ้นการเรียนรู้ด้วยการสื่อสาร เช่น การพูดและการเขียน ซึ่งกิจกรรมควรเร้าความสนใจและสร้างจินตนาการของเด็กอันที่จริงมีการศึกษาที่มีการควบคุม ซึ่ง Starkey, Klein, & Wakeley (2004, p.102) กล่าวว่า การเล่นเกมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการคิดคำนวณได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งรูปแบบกิจกรรมปัญญาสมานกายที่สอดคล้องกับคณิตศาสตร์และทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย ได้รับการศึกษาเพื่อประเมินความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย และผลคะแนน จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ คือการประเมินความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างผลคะแนนทางคณิตศาสตร์และทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่น่าสนใจระหว่างสองตัวแปรนี้ โดยยืนยันผลการวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้น ดำเนินการวิจัยในกลุ่มตัวอย่าง 90 คน จากกลุ่มอายุที่แตกต่างกัน 5 กลุ่ม อายุระหว่าง 3 ถึง 10 ปี เป็นการวัดทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย 12 ทักษะซึ่งแบ่งออกเป็นการทดสอบย่อย 2 รายการ ซึ่งแต่ละรายการจะประเมินลักษณะที่แตกต่างกันของการพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวร่างกายในบางส่วน ได้แก่ การเคลื่อนที่และการควบคุมวัตถุ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบจะสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์แต่ละชั้นเรียนมีบางกรณีที่ความสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์แบบ ในมุมมองของกรอบทฤษฎีเบื้องต้นที่ได้รับการยืนยันถึงความสำคัญของทฤษฎีปัญญาสมานกาย ซึ่งเป็นมุมมองที่เกิดขึ้นใหม่ที่พิจารณากระบวนการทางความคิดที่ที่ส่งผลต่อร่างกายกับสิ่งแวดล้อมและการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความสามารถทางคณิตศาสตร์และทักษะการเคลื่อนไหวร่างกาย ถือเป็นทักษะกลุ่มแรกที่ควรได้รับการพัฒนา ข้อสรุปมีแนวโน้มในเชิงบวก (Laura, Paola, and Filippo, 2015, p. 3805) ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ สามารถเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น ได้เมื่อได้รับการฝึก

3. ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายยังสามารถเพิ่มความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ได้อีกด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Layes (2018, pp. 375) ได้ศึกษา การฝึกความจำขณะคิดของเด็กเสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ว่าสามารถส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 14 คน โดยวัดก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งผลที่ได้คือกลุ่มทดลองมีการพัฒนาอย่างชัดเจน ด้านความจำขณะคิดหลังจากได้รับการฝึกด้วยโปรแกรม ซึ่งกลุ่มควบคุมมีการพัฒนาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สอดคล้องกับ Passolunghi & Costa (2016) ได้ศึกษาเรื่องการฝึกความจำขณะคิดที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดเลขในเด็กปฐมวัย ซึ่งมีปัจจัยหลายส่งผลต่อประสิทธิภาพของเด็กด้านผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลของการฝึกทักษะการคิดคำนวณขั้นต้น 2 รูปแบบ การฝึกแบบที่หนึ่ง มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยความจำขณะคิด และแบบที่สองมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณขั้นต้น ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กเด็กปฐมวัย อายุ 5 ปี จำนวน 48 คน ใช้เวลา 5 สัปดาห์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการฝึกการคำนวณช่วยเพิ่มความสามารถในการคิดคำนวณขั้นต้นของเด็กปฐมวัยโดยเฉพาะในขณะที่ฝึกหน่วยความจำขณะคิด นอกจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของความจำขณะคิดแล้วยังสามารถช่วยเพิ่มความสามารถทางการคำนวณ ผลการศึกษาครั้งนี้เน้นถึงความสำคัญของการออกแบบกิจกรรมเพื่อฝึกความสามารถของการทำงานของความจำขณะคิด นอกเหนือจากกิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มพูนทักษะที่เฉพาะเจาะจงทางคณิตศาสตร์ให้มากขึ้นเพื่อป้องกันปัญหาทางการเรียนรู้ในเด็กปฐมวัย ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้เป็นหลักฐานเบื้องต้นที่ชี้ให้เห็นว่าการฝึกคิดเลขและกระบวนการทางปัญญาไม่สามารถแยกจากออกกันได้สำหรับเด็กที่มีความเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้นแนวทางการศึกษาเพิ่มเติมถึงประสิทธิภาพของการฝึกด้านระบบสนับสนุนทั่วไปที่อาจทำให้เกิดความบกพร่องทางการเรียนรู้ (ได้แก่ ความจำระยะยาว ความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ส่วนบริหารจัดการสมอง ความจำขณะคิด ทักษะด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ความใส่ใจ หรือการประมวลผลด้านรับสัมผัส) กับการฝึกด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นส่งผลต่อการพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์มากกว่าวิธีการฝึกเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของบุราณี ระเบียบ และ สุชาดา กรเพชรปาณี (2559, หน้า 102) ได้การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์ Triple Code Model (TCM) สำหรับ เพิ่มความจำขณะคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์ Triple Code Model (TCM) สำหรับเพิ่มความจำขณะคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ผลการวิจัยปรากฏว่า โปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์ Triple Code Model (TCM) มีความเหมาะสมที่จะใช้ฝึกการคิดเลขคณิต สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ความจำขณะคิด

และความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความจำขณะคิดและความสามารถด้านเลขคณิตของกลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความจำขณะคิดกับความสามารถด้านเลขคณิตหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตมีความสัมพันธ์ กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีการตรวจสอบระดับความเชี่ยวชาญโดเมนด้านสติปัญญาของนักเรียนระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์รูปแบบการออกกำลังกายของพวกเขา พบว่าเมื่อนักเรียนมีความเชี่ยวชาญในกิจกรรมนั้นเพิ่มขึ้น จะปรับลดท่าทางในกิจกรรมที่ง่าย ในขณะที่เลือกเพิ่มท่าทางกิจกรรมที่ยากขึ้น และยังสร้างท่าทางที่เป็นสัญลักษณ์ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนนี้ส่งผลถึงการทำหน้าที่ของระบบในความจำขณะคิด (Working Memory ด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial) การค้นพบนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดระหว่างการเคลื่อนไหวของมือกับภาวะจิตใจ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเคลื่อนไหวของมือนั้นสอดคล้องกับทฤษฎีทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) แสดงออกชัดเจนถึงระดับความเชี่ยวชาญโดเมนด้านสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งระบุทิศทางในอนาคตสำหรับงานเชิงทฤษฎี (Oviatt, Lin, & Sriramulu, 2021)

ดังนั้นโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์และความจำขณะคิด ซึ่งเด็กที่ทดลองใช้โปรแกรมส่วนใหญ่ให้ความสนใจร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ ทั้งการเคลื่อนไหวพื้นฐานด้วยการเดิน วิ่ง กระโดด หรือ แบบโลดโผน ที่ล้วนมีส่วนสำคัญในการช่วยให้กล้ามเนื้อต่าง ๆ ทำงานประสานกัน ซึ่งการเคลื่อนไหวพื้นฐานนี้ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และระดับ IQ พฤติกรรมต่าง ๆ เหล่านี้เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเด็กเล็กที่เริ่มเรียนรู้ ซึ่งตรงกับทฤษฎีปัญญาสมานกาย ที่เน้นความสำคัญของข้อมูลการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Piaget & Inhelder, 1969) ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางคณิตศาสตร์ ปัจจัยสร้างแรงบันดาลใจ และการเลือกกิจกรรม ในเด็กก่อนวัยเรียน อายุ 4 ปี ตรวจสอบทักษะพื้นฐานด้านการคำนวณ ซึ่งผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าเด็กที่มีสมาธิจดจ่อกับตัวเลขโดยธรรมชาติ จะมีทักษะการนับเลขสูง กิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ได้แก่ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบล็อกและเกมคอมพิวเตอร์ พบว่านักเรียนที่มีทักษะทางคณิตศาสตร์ต่ำ มีแนวโน้มที่จะเลือกกิจกรรมที่ท้าทายการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อมัดเล็กมากกว่ากิจกรรมที่ท้าทายความสามารถทางปัญญา (Edens & Potter, 2013, p. 235) มีหลักฐานมากมายที่บ่งบอกถึงแง่มุมต่าง ๆ ของการศึกษาทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างที่สำคัญคือการใช้นิ้วเพื่อนับและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Fischer & Brugger, 2011) การใช้นิ้วยังเป็นตัวอย่างในการแสดงให้เห็นว่าลักษณะทางกายภาพของร่างกายมีผลต่อการประมวลผลตัวเลข

ของแต่ละบุคคลอย่างไร แสดงให้เห็นว่าการใช้นิ้วนับเลขช่วยปรับให้เข้ากับสภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีแรกของการเข้ารับการศึกษา ซึ่งสิ่งนี้นำไปสู่วิธีการการจำแนกมากกว่าที่คาดคะเน (Domahs, Krinzinger, & Willmes, 2008) ผลการศึกษานี้ระบุว่าการใช้นิ้วในขั้นต้นช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในการคิดคำนวณ แต่ประโยชน์ของการใช้นิ้วจะลดลงไปเพราะวิธีการนับนิ้วไม่สามารถจัดการกับความซับซ้อนของการคิดคำนวณได้ สิ่งที่สามารถเรียนรู้ได้จากการศึกษาเรื่องนี้คือส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเชื่อมโยงกระบวนการคิดของเราได้อย่างไร (Newman, Hansen, & Gutierrez, 2016)

ดังนั้นในการวิจัยนี้กลุ่มทดลอง ต้องได้รับการฝึกกิจกรรมเสริมในกลุ่มกิจกรรมเกมการศึกษา จากกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดประสบการณ์ แบ่งย่อยออกได้เป็น 20 ครั้ง ใช้เวลา 20 วัน วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย จึงได้รับการออกแบบและดำเนินการตามทฤษฎีปัญญาสมานกาย ทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และทฤษฎีทางปัญญาเกี่ยวกับพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย โดยมีเป้าหมายเพื่อฝึกความสามารถพื้นฐานด้านตัวเลขของเด็กโดยผสมผสานการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย (Dackermann, Fischer, Nuerk, Cress, & Moeller, 2017) ผลการวิจัยพบว่าหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายเพิ่มความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ค่าคะแนนความถูกต้องด้านตัวเลขของความจำขณะคิดหลังการทดลองใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง มีคะแนนความถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนความถูกต้องด้านมิติสัมพันธ์ และเวลาตอบสนองด้านมิติสัมพันธ์ และด้านตัวเลขของความจำขณะคิดหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Turoman et al. (2021, pp. 11) ได้ศึกษาการพัฒนากลไกการควบคุมโดยเจตนาในสภาพแวดล้อมหลายความรู้สึก ผลการศึกษาพบว่า เด็กที่อายุน้อยกว่า 6–7 ปี จะตอบสนองต่อเป้าหมายได้ดี เมื่อการจัดลำดับด้านมิติสัมพันธ์และใช้สีเป็นตัวชี้นำ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดขึ้นแม้หลังจากการช่วยเหลือแล้ว และส่งผลต่อความเร็วในการประมวลผลโดยรวมของเด็กอาจช้าลงด้วย ซึ่งเด็กอาจเข้าสู่สภาวะการควบคุมความสนใจในคุณลักษณะเฉพาะด้านภาพเหมือนผู้ใหญ่ เมื่ออายุ 6–7 ปีขึ้นไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oh-Uchi, Kawahara, and Sugano (2010, pp.121-122) พบว่าขนาดที่ใช้เป็นสิ่งเร้า ถ้ามีสีเดียวไม่ช่วยกระตุ้นให้เด็กอายุต่ำกว่า 6 ปีสนใจได้ ถ้ามีสิ่งกระตุ้นความสนใจอื่น เวลาตอบสนองต่อสิ่งเร้าจะช้าลง

ดังนั้นโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายจึงเป็นโปรแกรมให้ประโยชน์สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์มีผลการเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดหลังการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ซึ่งสถาบันการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของเด็กปฐมวัยสามารถนำองค์ความรู้สำคัญจากการวิจัย ได้แก่ ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่มีความบกพร่อง ระดับกระบวนการทางปัญญาและระดับการทำงานของสมอง และแนวทางในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัย ไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ และใช้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงได้ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทางทฤษฎี

การวิจัยแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายที่ได้จากการศึกษา ทฤษฎีปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Math Cognition) โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) และทฤษฎีปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรม 4 กิจกรรม ประกอบด้วย กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number line : A Number Recognition Activity) เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical Core Deficit Model) กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math) เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-Specific Deficit Model) กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes) และกิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is it different or identical?) เพื่อใช้เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยสอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain General Deficit Model ซึ่งการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของเด็ก ตามทฤษฎีปัญญาสมานกาย ได้กำหนดท่าทาง เวลาของรูปแบบกิจกรรม ตามพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการที่ช่วยสนับสนุนว่า ทฤษฎีทั้ง 3 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบกิจกรรม สามารถเป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบกิจกรรมในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์และความจำขณะคิดในโรงเรียนต่าง ๆ ให้ดีขึ้นได้

2. ข้อเสนอแนะทางการปฏิบัติ

ผู้บริหารทางการศึกษา สถาบันการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถนำผลการศึกษาวิจัยไปเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน ด้านการ

พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นนอกจากควรส่งเสริมให้มีโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายนี้อยู่ในกิจกรรมของโรงเรียน และควรให้ความรู้ด้านการออกแบบการจัดประสบการณ์ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย ใน 6 กิจกรรมหลักสำหรับเด็กปฐมวัย ประกอบด้วย กิจกรรมเสรี กิจกรรมสร้างสรรค์ กิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะ กิจกรรมเสริมประสบการณ์ กิจกรรมกลางแจ้ง และกิจกรรมเกมการศึกษา ให้สอดคล้องกับทฤษฎีทั้ง 3 ทฤษฎีด้วย

3. ข้อเสนอแนะการเก็บข้อมูลงานวิจัย

ด้านการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย พบว่า แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และ แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) สามารถนำมาใช้คัดกรองเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ในเบื้องต้นได้ แต่มีข้อจำกัดในด้านอายุ 5 - 7 ปี ควรอธิบายและให้เด็กทำลองทำตัวอย่างก่อนลงมือเก็บข้อมูลการคัดกรอง ด้านการวัดตัวแปรตาม พบว่า แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA 3) สามารถนำมาใช้วัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้ และชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1 1 โดยใช้แบบทดสอบย่อยทดสอบด้านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Backward Digit Span Task) และทดสอบด้านมิติสัมพันธ์แบบย้อนกลับ (Backward Corsi Block Task) สามารถนำมาใช้วัดความจำขณะคิดของเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งการเก็บข้อมูลการคัดกรองด้วยตนเองในเด็กปฐมวัยควรทำความคุ้นเคยกับเด็กก่อนในเบื้องต้น เพื่อให้เด็กตอบคำถามและทำแบบทดสอบได้อย่างเต็มความสามารถ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป อาจนำแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และ แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST) มาใช้เป็นแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม

2. เพื่อเป็นการตรวจสอบศักยภาพของโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ควรทำการศึกษาการพัฒนาการจัดเรียนรู้และการพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับความสามารถทางปัญญาระดับพื้นฐานแบบอื่น ๆ เช่น ความจำ ความสนใจ การแก้ปัญหา จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ ระดับปฐมวัยในสถานศึกษา

3. ควรศึกษาผลของโปรแกรมในตัวแปรทางปัญญาขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการวางแผน ความสามารถในการตัดสินใจ ทักษะด้านการคิดเชิงบริหารจัดการ

4. ควรศึกษาระยะยาวเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

5. งานวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการศึกษารวมทั้งสิ้น 1 เดือน ซึ่งมีการประเมินผล 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการทดลองทันทีเท่านั้น ดังนั้นในวิจัยครั้งต่อไปควรจะมีการพิจารณาเพิ่มระยะเวลาในการประเมินผลซ้ำ เช่น การประเมินผลซ้ำภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกกิจกรรมตามโปรแกรมเพื่อตรวจสอบความคงทนผลของโปรแกรมสามารถนำมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างเหมาะสม

6. ควรพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย โดยให้สามารถใช้ได้กับกลุ่มนักเรียนในกลุ่มปกติ เพื่อเพิ่มสมรรถนะของการเรียนรู้ เพราะในแต่ละวัยนั้นจะมีสรีระแตกต่างกันไป และมีความต้องการในพัฒนากระบวนทางสมองที่แตกต่างกันไป

7. ควรมีการเปรียบเทียบผลของโปรแกรมนี้กับผลของการส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขด้วยวิธีอื่น ๆ ว่าผลโปรแกรมใดสามารถเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดได้ดีกว่ากัน

8. ควรมีการทำวิจัยเพื่อหาตัวชี้วัดตัวอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิดของเด็กปฐมที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นและความจำขณะคิด

9. การศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองต่อโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นการประเมินผลของโปรแกรมโดยตรงที่เกิดขึ้นจากกลุ่มตัวอย่าง

บรรณานุกรม

กมลรัตน์ กมลสุทธ. (2555). *ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์ตามแนวมอนเตสซอรี่*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กรองทอง จุลิรัชนีกร. (2556). *การจัดการศึกษาสำหรับเด็กที่มีความต้องการพิเศษระดับปฐมวัย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กระทรวงสาธารณสุข, (2555). *คู่มือครูระบบการดูแลนักเรียนกลุ่มเด็กพิเศษที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 1)*. กรุงเทพฯ: บริษัท บียอนด์ พับลิสชิ่ง จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *คู่มือการคัดแยกและส่งต่อคนพิการเพื่อรับการศึกษา(ฉบับปรับปรุง)*

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

จุฬามาศ จันทร์ศรีสุคต, อัญชลี สารรัตนะ, วัลลภา อารีรัตน์ และสมพร หวานเสร็จ. (2554). การพัฒนาระบบการช่วยเหลือทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 11*(3), 59-70.

ณัฏฐา วรรธนะวิโรจน์. (2559, 18 สิงหาคม). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับเด็กปฐมวัย.* เข้าถึงได้จาก http://164.115.41.60/excellencecenter/?p=127

ณัฏนันฐกาญจน์ ภูมาก, ลัดดา เชียงนางาม และปิยรัตน์ เที่ยงภักดิ์. (2563). การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย โดยใช้การจัดประสบการณ์การประกอบอาหารโรงเรียนภูห่านศึกษา จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการธรรมทรรศน์, 20*(4), 95-96.

ดารณี อุทัยรัตนกิจ, อรปวีณ์ เอื้อนิรันดร์, สมพร หวานเสร็จ และปนัดดา วงศ์จันตา. (2558). การศึกษาความเหมาะสมของการนำแบบทดสอบ Naglieri Nonverbal Ability Test: (NNAT2) มาใช้กับคน ไทย. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 30*(2), 68-82.

ดารณี ศักดิ์ศิริผล. (2563). การพัฒนาเครื่องมือคัดกรองเด็กปฐมวัยที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, *31*(1), 16-28.

นีรนิตย์ กั่วพานิช. (2550). *ผลการจัดประสบการณ์การละเล่นของเด็กไทยและการเล่นเกมเลียนแบบที่มีต่อทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

บุราณี ระเบียบ และสุชาดา กรเพชรปาณี.(2559). การพัฒนาโปรแกรมฝึกการคิดเลขคณิตโดยประยุกต์โมเดลทริปเพิลโคดสำหรับ เพิ่มความจำขณะทำางานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 14*(2), 102-113.

บุษยมาศ ผึ้งหลวง และสุจินดา ขจรรุ่งศิลป์. (2557). การส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยผู้ปกครองผ่านชุดกิจกรรมสนุกกับลูกรัก. *วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต. 10*(1), 179-187.

ปณิชา มโนสิทธยากร. (2553). *ทักษะพื้นฐานคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่เล่นเกมการศึกษาเน้นเศษส่วนของรูปเรขาคณิต.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปิยพงศ์ แซ่ตั้ง, มานิกา วิเศษสาธร. (2560). การเปรียบเทียบผลคะแนนด้านการทำงานประสานกันระหว่างมือ-ตาระหว่างเด็กที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้และเด็กปกติ. *Journal of Industrial Education, 16*(3), 29-37.

ผดุง อารยะวิญญู. (2553). *วิธีสอนคณิตศาสตร์ สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (แอลดี) (*1 ed.). นครปฐม: ไอ.คิว.บุ๊คเซ็นเตอร์จำกัด.

พชรมน เฮงตระกูล, สมทรัพย์ สุขอนันต์. (2559). ผลของการสอนโดยการกำหนดรหัสสีร่วมกับเทคนิคการจำเพื่อเพิ่มความสามารถในการเขียนสะกดคำภาษาไทยของนักเรียนที่มีภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้. *Jounral of education Naresuan, 18*(3), 317-330.

พรภัทรินทร์ งามนิธิจารุเมธี, (2556). ผลการจัดประสบการณ์แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของเด็กปฐมวัย. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 23*(8), 129-139.

พรรษชล ศรีอิสราพร. (2553, 15 กันยายน). *บกพร่องทางการคิดคำนวณ.* เข้าถึงได้จาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=20468&Key=news_research

พูนสิริ มูลอินต๊ะ. (2552). *การจัดประสบการณ์ตามรูปแบบพหุปัญญาเพื่อพัฒนาการด้านสติปัญญาของเด็กปฐมวัย โรงเรียนเวียงเทิง (เทิงทำนุประชา) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเชียงราย เขต* 4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

พิมลรัตน์ คงนาค. (2556). *การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะประกอบอุปกรณ์*. การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พีร วงศ์อุปราช. (2560). *โครงการการศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์*. มหาวิทยาลัยบูรพา.

วัชราภรณ์ บุญยรักษ์ และคทาวุธ ชาติศักดิ์ยุทธ. (2563). การพัฒนาทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ สำหรับเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสรรค์ ในจังหวัดอุตรดิตถ์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, *9*(2), 64-75.

ศูนย์พัฒนาสมองและศักยภาพ. (ม.ป.ป.). *โปรแกรมฝึกสมองสำหรับผู้ที่มีปัญหาในการคำนวณ.* เข้าถึงได้จาก https://www.brainandlifecenter.com/braintraining-dyscalculia

ศูนย์วิชาการแฮปปี้โฮม. (มปป). *การคัดกรองปัญหาการเรียน.* เข้าถึงได้จาก https://www.happyhomeclinic.com/lp02-screening.html

ศรียา นิยมธรรม. (2538). *คู่มือการใช้แบบคัดแยกเด็กที่มีปัญหาการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.). (2551). *กรอบมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2546.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.). (2558). รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015. เข้าถึงได้จาก https://drive.google.com/file/d/19xvsLP_bLN8q6wkzX9hVIvV_TS4hyuGa/view

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.). (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศ และความเท่าเทียมทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ.

สวรรยา สกุลทับ (2563). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมบริหารสมองเพื่อเสริมสร้างทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 1. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 3*(8), 149-158.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *สมรรถนะของเด็กปฐมวัยในการพัฒนาตามวัย 3-5 ปี: แนวแนะสำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครอง*. กรุงเทพฯ: แปลนฟอร์คิดส์จำกัด.

สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563, 10 มิถุนายน). โปรแกรมระบบบริหารจัดการสถานศึกษา. เข้าถึงได้จาก http://schoolmis.obec.expert

สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ. (2560). *รายงานวิจัยการพัฒนากระบวนการคัดกรองความพิการทางการศึกษาประเภทความบกพร่องทางการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ.

สาวิตรี จุ้ยทอง, วิชัย วงษ์ใหญ่. (2558). แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้. *Journal of graduate studies Valaya Alongkorn Rajabhat University, 9*(3), 122-132.

สุมาพร เฉลิมผจง, (2557). ผลการจัดประสบการณ์โดยใช้เกมเชิงคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, *4*(6), 129-141.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2558). *การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนไทย: การพัฒนาผลกระทบภาวะถดถอยในปัจจุบัน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)

สุพัตรา เลขาวิจิตร (2563). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้เกมการศึกษาและเพลง *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 3*(8), 9-22.

แสงดาว แซ่หลู. (2563). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ของเด็กปฐมวัย ชั้นอนุบาลปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลวัดละหาร. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 3*(8), 171-182.

Abrahamson, D., & Bakker, A. (2016). Making sense of movement in embodied design for mathematics learning. *Cognitive research: principles and implications*, *1*(1), 33. DOI:10.1186/s41235-016-0034-3

Alibali, M., Nathan, M. (2012) Embodiment in mathematics teaching and learning: Evidence from learners' and teachers' gestures. *Journal of the Learning Sciences, 21,* 247–286.

Alkhadim, G. S., Cimetta, A. D., Marx, R. W., Cutshaw, C. A., & Yaden, D. B. (2021). Validating the Research-Based Early Math Assessment (REMA) among rural children in Southwest United States. *Studies in Educational Evaluation, 68*, 1- 11. DOI:10.1016/j.stueduc.2020.100944

Andersen, R. A. (1989). Visual and eye movement functions of the posterior parietal cortex. *Annual review of neuroscience, 12*(1), 377-403.

Anelli, F., Lugli, L., Baroni, G., Borghi, A. M., & Nicoletti, R. (2014). Walking boosts your performance in making additions and subtractions. *Frontiers in Psychology, 5*, 1459-1459. DOI:10.3389/fpsyg.2014.01459

Ardila, A., & Rosselli, M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychology review, 12*(4), 179-231

Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current directions in psychological science, 11*(5), 181-185.

Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General, 130*(2), 224.

Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S. (2005). *Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial review.*

Association, A. P. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*: American Psychiatric Pub.

Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). *Working memory. Psychology and Learning and Motivation*, *8*, 47–89. DOI:10.1016/S0079-7421(08)60452-1

Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology, 20*(4), 136–140. DOI:10.1016/j.cub.2009.12.014

Badian, N. A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. *Progress in learning disabilities,* 5, 235-264.

Baillet, S., Mosher, J. C., & Leahy, R. M. (2001). Electromagnetic brain mapping. *IEEE Signal processing magazine, 18*(6), 14-30.

Barnard Health Care. (2017, Jun 3). *Neuropsychological Model of Number Processing*. retrieved from https://www.barnardhealth.us/human-brain/ii-a-neuropsychological-model-of-number-processing.html#download

Barsalou, L. W. (2010). Grounded Cognition: Past, Present, and Future. *Topics in Cognitive Science, 2*(4), 716-724. DOI:10.1111/j.1756-8765.2010.01115.x

Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *The Behavioral and Brain Sciences, 22*(4), 577–609.

Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annu Rev Psychol, 59*, 617-645. DOI: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093639

Batchelor, S., Inglis, M., & Gilmore, C. (2015). Spontaneous focusing on numerosity and the arithmetic advantage. *Learning and Instruction, 40*, 79-88. DOI:10.1016/j.learninstruc.2015.09.005

Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry. *Journal for research in mathematics education,* 47-60.

Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail: Working memory and "choking under pressure" in math. *Psychological Science, 16*(2), 101-105.

Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 333-339.

Bernabini, L., Bonifacci, P., & de Jong, P. F. (2021). The Relationship of Reading Abilities With the Underlying Cognitive Skills of Math: A Dimensional Approach. *Frontiers in Psychology, 12*(287), 1-12. DOI:10.3389/fpsyg.2021.577488

Brendefur, J., Strother, S., Thiede, K., Lane, C., & Surges-Prokop, M. J. (2013). A Professional Development Program to Improve Math Skills Among Preschool Children in Head Start. *Early Childhood Education Journal, 41*(3), 187-195. DOI:10.1007/s10643-012-0543-8

Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research.* New York: Guilford Press.

Bruner, J. S. (1956). *A study of thinking*. New York Wiley.

Bjork, I. M., & Bowyer-Crane, C. (2013). Cognitive skills used to solve mathematical word problems and numerical operations: a study of 6- to 7-year-old children. *European Journal of Psychology of Education, 28*(4), 1345-1360. DOI:10.1007/s10212-012-0169-7

Bojorque, G., Torbeyns, J., Hannula-Sormunen, M., Van Nijlen, D., & Verschaffel, L. (2017). Development of SFON in Ecuadorian Kindergartners. *European Journal of Psychology of Education, 32*(3), 449-462. DOI:10.1007/s10212-016-0306-9

Bloom, B.S. 1976. *Human Characteristic and School Learning.* New York: McGraw-Hill.

Bredo, E. (1994). Reconstructing educational psychology: situated cognition and Deweyian pragmatism. Educational Psychologist, *29*(1), 23–35. DOI:10.1207/s15326985ep2901_3

Bugden, S., DeWind, N. K., & Brannon, E. M. (2016). Using cognitive training studies to unravel the mechanisms by which the approximate number system supports symbolic math ability. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 10*, 73-80. DOI:10.1016/j.cobeha.2016.05.002

Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives, 8*(1), 36-41.

Butterworth, B. (2005a). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 46*(1), 3-18.

Butterworth, B. (2005b). *Developmental dyscalculia. In J. I. D. Campbell (Ed.)Decision Support Systems* (pp. 455–467): Handbook of mathematical cognition (Hove, UK: Psychology Press).

Butterworth, B. (2008). *Developmental dyscalculia. Child neuropsychology: Concepts, theory, and practice*, 357-374.

Butterworth, B. (2011). *Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia. In Space,* Time and Number in the Brain (pp. 249-265).

Bynner, J., & Parsons, S. (1997). *Does Numeracy Matter? Evidence from the National Child Development Study on the Impact of Poor Numeracy on Adult Life: ERIC.*

Bynner, J., & Parsons, S. (2006). *New light on literacy and numeracy: November 2006*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/265109236

Cantlon, J. F., Brannon, E. M., Carter, E. J., & Pelphrey, K. A. (2006). Functional imaging of numerical processing in adults and 4-y-old children. *PLoS biology, 4*(5), e125.

Carson, V., Kuzik, N., Hunter, S., Wiebe, S. A., Spence, J. C., Friedman, A., Hinkley, T. (2015). Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. *Preventive Medicine, 78*, 115-122. DOI:10.1016/j.ypmed.2015.07.016

Chang, S.-K. (2018). *Using Tangible Interaction and Virtual Reality to Support Spatial Perspective Taking Ability.* Doctor of Philosophy, Faculty of Purdue University, USA.

Chanpen, S., Pornnoppadol, C., Atsariyasing, W., & Hosiri, T. (2518). Validity of Thai ADHD Screening Scales to Screen ADHD Patients with Comorbid Disorders: Retrospective Study. *Journal of the Psychiatric Association of Thailand, 63*(3), 213-226.

Children & Mathematics. (2002). Early childhood mathematics: Promoting good beginnings. *Position statement*.

Chomnapas Wangein. (2560) *กิจกรรมเคลื่อนไหวพัฒนา 'ไอคิว-อีคิวเด็ก'*. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2560, จาก https://www.thaihealth.or.th/Content/39231-กิจกรรมเคลื่อนไหวพัฒนา%20'ไอคิว-อีคิวเด็ก'.html,

Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood mathematics intervention. Science, 333, 968–970. DOI:10.1126/science.1204537

Cohen, J., Miles, J., & Shevlin, M. (2001). Applying regression and correlation: A guide for students and researchers (p. 272). London: Sage.

Colby, C. L., & Goldberg, M. E. (1999). Space and attention in parietal cortex. *Annual review of neuroscience, 22*(1), 319-349.

Cowan, N. (1998). *Attention and memory: An integrated framework*: Oxford University Press.

Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education, 3*(2), 63-68.

Culham, J. C., & Kanwisher, N. G. (2001). Neuroimaging of cognitive functions in human parietal cortex. *Current opinion in neurobiology, 11*(2), 157-163.

Dackermann, T., Fischer, U., Nuerk, H.-C., Cress, U., & Moeller, K. (2017). Applying embodied cognition: from useful interventions and their theoretical underpinnings to practical applications. *Zdm, 49*(4), 545-557. DOI:10.1007/s11858-017-0850-z

De Chambrier, A.-F., Baye, A., Tinnes-Vigne, M., Tazouti, Y., Vlassis, J., Poncelet, D., Dierendonck, C. (2021). Enhancing children's numerical skills through a play-based intervention at kindergarten and at home: a quasi-experimental study. *Early Childhood Research Quarterly, 54*, 164-178. DOI:10.1016/j.ecresq.2020.09.003

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. Mathematical Cognition, *1,* 83–120.

Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics New York*: Oxford University Press. Google Scholar.

Di Luca, S., & Pesenti, M. (2008). Masked priming effect with canonical finger numeral configurations. *Experimental Brain Research, 185*(1), 27-39.

DiPerna, J. C., Lei, P.-W., & Reid, E. E. (2007). Kindergarten predictors of mathematical growth in the primary grades: An investigation using the Early Childhood Longitudinal Study--Kindergarten cohort. *Journal of Educational Psychology, 99*(2), 369-379.

Domahs, F., Krinzinger, H., & Willmes, K. (2008). Mind the gap between both hands: Evidence for internal finger-based number representations in children's mental calculation. Cortex, *44*(4), 359–367. DOI:10.1016/j. cortex.2007.08.001

Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J., & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: Evidence from children with specific language impairments. *Cognition, 103*(1), 23-33.

Dowker, A. (2005). Early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of learning disabilities*, *38*(4), 324-332.

Drevon, D. D., Knight, R. M., & Bradley-Johnson, S. (2017). Nonverbal and Language-Reduced Measures of Cognitive Ability: a Review and Evaluation. *Contemporary School Psychology, 21*(3), 255-266. DOI:10.1007/s40688-016-0114-x

DSM, IV. (2000). *Editura Asociatia Psihiatrilor Liberi din România.*

DSM V. (2016). *Diagnostical and statistical manual of mental disorders (5th ed ed.).* U.S.: PsychiatryOnline.

Dyson, N. I., Jordan, N. C., & Glutting, J. (2013). A Number Sense Intervention for Low-Income Kindergartners at Risk for Mathematics Difficulties. Journal of Learning Disabilities, 46(2), 166–181. DOI:10.1177/0022219411410233

Edens, K. M., & Potter, E. F. (2013). An Exploratory Look at the Relationships Among Math Skills, Motivational Factors and Activity Choice. *Early Childhood Education Journal, 41*(3), 235-243. DOI:10.1007/s10643-012-0540-y

Edmonds, W., & Kennedy, T. (2017). An applied guide to research designs: Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.

Edens, K. M., & Potter, E. F. (2013). An Exploratory Look at the Relationships Among Math Skills, Motivational Factors and Activity Choice. *Early Childhood Education Journal, 41*(3), 235-243. DOI:10.1007/s10643-012-0540-y

Edo, M., Planas, N., & Badillo, E. (2009). Mathematical learning in a context of play. *European Early Childhood Education Research Journal, 17*(3), 325-341.

Ehrler, D. J., & McGhee, R. L. (2008). *PTONI: Primary test of nonverbal intelligence:* Pro-Ed Austin, TX.

Esopenko, C. (2011). *a cognitive neuroscience examination of embodied cognition.* Doctor of Philosophy, Degree of Doctor of Philosophy, University of Saskatchewan, Canada.

Fischer, M. H., & Brugger, P. (2011). When digits help digits: spatial-numerical associations point to finger counting as prime example of embodied cognition. Frontiers in Psychology, 2, 260. DOI:10.3389/fpsyg.2011.00260.

Gathercole, S., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. Sage.

Geary, D. C., Bailey, D. H., & Hoard, M. K. (2009). Predicting mathematical achievement and mathematical learning disability with a simple screening tool: The Number Sets Test. *Journal of Psychoeducational Assessment, 27*, 265–279. DOI:10.1177/0734282908330592

Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*(2), 121-151.

Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early Identification and Interventions for Students With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 38*(4), 293-304. DOI:10.1177/00222194050380040301

Gersten, R., Chard, D. J., Jayanthi, M., Baker, S. K., Morphy, P., & Flojo, J. R. (2009). Mathematics instruction for students with learning disabilities: A meta-analysis of instructional components. Review of Educational Research, 79, 1202–1242.

Gibson, James J. (1979). *The ecological approach to visual perception.*USA: Lawrence Erlbaum Associates. Erlbaum Associates.

Griffiths, R. (1994). *The excellence of play. In J. Moyles, Mathematics and Play.* In (pp. 145-157). Buckingham: Open University Press.

Ginsburg, H., & Baroody, A. (2003). *Test of early mathematics ability (3rd ed.).* Austin, TX: Pro-Ed.

Ginsburg, H. P. (2006). Mathematical play and playful mathematics: A guide for early education. In D. Singer, R. M. Golinkoff, & K. Hirsh-Pasek (Eds.), Play = Learning: How play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth (pp. 145–165). New York, NY: Oxford University Press

Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. Wiley Interdisciplinary Reviews: *Cognitive Science, 1*(4), 586-596.

Glenberg, A. M., Witt, J. K., & Metcalfe, J. (2013). From the revolution to embodiment: 25 years of cognitive psychology. *Perspectives on Psychological Science, 8*(5), 573-585.

Gmitrova, V., & Gmitrov, J. (2003). The Impact of Teacher-Directed and Child-Directed Pretend Play on Cognitive Competence in Kindergarten Children. *Early Childhood Education Journal, 30*, 241-246. DOI:10.1023/A:1023339724780

Goldinger, S. D., Papesh, M. H., Barnhart, A. S., Hansen, W. A., & Hout, M. C. (2016). The Poverty of Embodied Cognition. *Psychonomic bulletin & review, 23*(4), 959-978. DOI:10.3758/s13423-015-0860-1

Gottfried, M. A., & Kirksey, J. J. (2019). General education teachers' math instructional practices in kindergarten classrooms with and without students with emotional and behavioral disabilities. *Teaching and Teacher Education, 77*, 309-320. DOI:10.1016/j.tate.2018.10.019

Gross Tsur, V. M., Orly Shalev, Ruth S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine & Child Neurology, 38*(1), 25-33.

Grüßing, M., & Peter-Koop, A. (2008). Effekte vorschulischer mathematischer Förderung am Ende des ersten Schuljahres: Erste Befunde einer Längsschnittstudie. *Zeitschrift für Grundschulforschung, 1*(1), 65-82.

Guzel, N., & Sener, E. (2009). High school students' spatial ability and creativity in geometry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 1*(1), 1763-1766. DOI:10.1016/j.sbspro.2009.01.312

Hannula-Sormunen, M. M. (2015). *Spontaneous focusing on numerosity and its relation to counting and arithmetic*. The Oxford handbook of numerical cognition, 275-290.

Hannula, M. M., & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction, 15*(3), 237-256.

Hannula, M. M., Lepola, J., & Lehtinen, E. (2010). Spontaneous focusing on numerosity as a domain-specific predictor of arithmetical skills. *Journal of Experimental Child Psychology, 107*(4), 394-406.

Hart, K. C., Maharaj, A. V., & Graziano, P. A. (2019). Does dose of early intervention matter for preschoolers with externalizing behavior problems? A pilot randomized trial comparing intensive summer programming to school consultation. *Journal of School Psychology*, *72*, 112-133. DOI:10.1016/j.jsp.2018.12.007

Hart, S. A., Petrill, S. A., & Thompson, L. A. (2010). A factorial analysis of timed and untimed measures of mathematics and reading abilities in school aged twins. *Learning and individual differences, 20*(2), 1-16. DOI:10.1016/j.lindif.2009.10.004

Healy, L., Fernandes, S., & Frant, J. B. (2013). Designing tasks for a more inclusive school mathematics. *Proceedings of ICMI Study 22—Task Design in Mathematics Education, 1*, 63-70.

Heuvel-Panhuizen, M. v. d., & Boogaard, S. v. d. (2008). Picture books as an impetus for kindergartners' mathematical thinking. *Mathematical Thinking and Learning, 10*(4), 341-373.

Hirschmann, N., Kastner-Koller, U., & Deimann, P. (2008). Entwicklung und Diagnostik mathematischer Fähigkeiten in der frühen Kindheit. *Empirische Pädagogik, 22*(2), 178-192.

Hranitz, J. R. (1985). *Montessori and Brain Research.*

Hyde, D. (2011). Two Systems of Non-Symbolic Numerical Cognition. *Frontiers in Human Neuroscience, 5*(150). DOI:10.3389/fnhum.2011.00150

Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental psychology, 45*(3), 850.

Kaufmann, L. (2008). *Dyscalculia: neuroscience and education. Educational research; a review for teachers and all concerned with progress in education*, 50(2), 163-175. DOI:10.1080/00131880802082658

Kaufmann, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., von Aster, M., Gobel, S. M., Grabner, R. H., Nuerk, H. C. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology, 4,* 516. DOI:10.3389/fpsyg. 2013.00516.

Kaiser, G. (2017). *Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education ICME-13*. Switzerland: Springer.

Kalchman, M., Moss, J., & Case, R. (2001). Psychological models for the development of mathematical understanding: Rational numbers and functions. *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress*, 1-38.

Keat, J. B., & Wilburne, J. M. (2009). The Impact of Storybooks on Kindergarten Children's Mathematical Achievement and Approaches to Learning. *Online Submission, 6*(7), 61-67.

Khodami, N., & Hariri, M. (2013). Comparing the Efficacy of Planning Training with Metacognitive Training on Improving the Educational Performance of the Iranian Elementary d-graders with Math Learning Disability. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 84*, 24-28. DOI:10.1016/j.sbspro.2013.06.503

Vanbinst, K., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2014). Arithmetic strategy development and its domain-specific and domain-general cognitive correlates: A longitudinal study in children with persistent mathematical learning difficulties. *Research in developmental disabilities, 35*(11), 3001–3013. DOI:10.1016/j.ridd.2014.06.023

Klingberg, T. (2014). Childhood cognitive development as a skill. *Trends in Cognitive Sciences, 18*(11), 573-579. DOI:10.1016/j.tics.2014.06.007

Klupp, S., Möhring, W., Lemola, S., & Grob, A. (2021). Relations between fine motor skills and intelligence in typically developing children and children with attention deficit hyperactivity disorder. Research in Developmental Disabilities, *110*, 1-10. DOI:10.1016/j.ridd.2021.103855

Krajewski, K., & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschulzeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *53*(4), 246-262.

Krathwohl, D.R., Bloom, B.S. & Masia, B.B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives, the classification of educational goals–Handbook II: Affective Domain.* New York: McKay

Kroesbergen, E. H., Van't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2012). Number Sense in Low-Performing Kindergarten Children: Effects of a Working Memory and an Early Math Training. In Z. Breznitz, O. Rubinsten, V. J. Molfese, & D. L. Molfese (Eds.), Reading, Writing, Mathematics and the Developing Brain: Listening to Many Voices (pp. 295-313). Dordrecht: Springer Netherlands.

Kron-Sperl, V., Schneider, W., & Hasselhorn, M. (2008). The development and effectiveness of memory strategies in kindergarten and elementary school: Findings from the Würzburg and Göttingen longitudinal memory studies. *Cognitive Development, 23*(1), 79-104. DOI:10.1016/j. cogdev.2007.08.011

Kucian, K., Grond, U., Schönmann, C., Henzi, B., Rotzer, S., Gälli, M., . . . Aster, M. v. (2010). Training in children with developmental dyscalculia*. International Journal of Psychophysiology, 77*(3), 228. DOI:j.ijpsycho.2010.06.327

Kulcsar, T. (1978). Factorii psihologici ai reusitei scolare. Editura Didactica si Pedagogica.

Laura, R., Paola, D., & Filippo, G. P. (2015). Embodied Processes between Maths and Gross-motor Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 174*, 3805-3809. DOI:10.1016/j.sbspro.2015.01.1116

Layes, S., Lalonde, R., Bouakkaz, Y. et al. (2018). Effectiveness of working memory training among children with dyscalculia: evidence for transfer effects on mathematical achievement—a pilot study. Cogn Process, *19*, 375–385. DOI:10.1007/s10339-017-0853-2

Lerner, R. M., & Damon, W. (2006). *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development, Vol. 1, 6th ed*. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.

Lindgaard, K., & Wesselius, H. (2017). Once More, with Feeling: Design Thinking and Embodied Cognition. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 3*(2), 83-92. DOI:10.1016/j.sheji.2017.05.004

Link, T., Moeller, K., Huber, S., Fischer, U., & Nuerk, H.-C. (2013). Walk the number line – An embodied training of numerical concepts. *Trends in Neuroscience and Education, 2*(2), 74-84. DOI:10.1016/j.tine.2013.06.005

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. Nursing Research, *35*, 382-385.

Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of physiology-Paris, 102*(1-3), 59-70.

Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Intergenerational Effects of Parents' Math Anxiety on Children's Math Achievement and Anxiety. *Psychological Science*, *26*(9), 1480–1488. DOI:10.1177/0956797615592630

Marcia A. Barnes, Alice Klein, Paul Swank, Prentice Starkey, Bruce McCandliss, Kylie Flynn, Tricia Zucker, Chun-Wei Huang, Anna-Mária Fall & Greg Roberts. (2016). Effects of Tutorial Interventions in Mathematics and Attention for Low-Performing Preschool Children, *Journal of Research on Educational Effectiveness*, *9*(4), 57-606. DOI:10.1080/19345747.2016.1191575

Maria Chiara Passolunghi & Hiwet Mariam Costa (2016) Working memory and early numeracy training in preschool children, *Child Neuropsychology*, *22*(1), 81-98. DOI:10.1080/09297049.2014.971726

Maris, G., van der Maas, H. (2012). *Speed-Accuracy Response Models: Scoring Rules based on Response Time and Accuracy.* Psychometrika, *77*, 615–633. DOI:10.1007/s11336-012-9288-y

Mazzocco, M. M. (2005). Challenges in identifying target skills for math disability screening and intervention. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(4), 318-323

McCarthy, E., Tiu, M., & Li, L. (2018). Learning Math with Curious George and the Odd Squad: Transmedia in the Classroom. *Technology, Knowledge and Learning, 23*(2), 223-246. DOI:10.1007/s10758-018-9361-4

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). Research in Education: Evidence-Based Inquiry, MyEducationLab Series. *Pearson*.

Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H.-C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Processing, 13*(1), 271-274. DOI:10.1007/s10339-012-0457-9

Montessori, M. (1988). *The absorbent mind. Oxford, UK: Clio Press.* Retrieved from http://archive. org/stream/absorbent mind031961mbp/absorbentmind 031961mbp_djvu.txt

Montoya, M. F., Susperreguy, M. I., Dinarte, L., Morrison, F. J., San Martín, E., Rojas-Barahona, C. A., & Förster, C. E. (2019). Executive function in Chilean preschool children: Do short-term memory, working memory, and response inhibition contribute differentially to early academic skills? *Early Childhood Research Quarterly, 46*, 187-200. DOI:10.1016/j.ecresq.2018.02.009

Mueller, S. L. , & Piper. B.J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. Journal of neuroscience methods, 222, 250-259.

Myklebust, H. R. (1960). *The psychology of deafness: Sensory deprivation*, *learning, and adjustment.*

Nabuzoka, D., & Smith, P. K. (1995). *Identification of expressions of emotions by children with and without learning disabilities*. Learning Disabilities Research & Practice.

NAEYC. (2002). Early childhood mathematics: Promoting good beginnings. Position statement.

Newcombe, N. S., Levine, S. C., & Mix, K. S. (2015). Thinking about quantity: The intertwined development of spatial and numerical cognition. Wiley Interdisciplinary Reviews: *Cognitive Science, 6*(6), 491-505.

Newman, S. D. (2016). Does finger sense predict addition performance? Cognitive Processing, *17*(2), 139–146. DOI:10.1007/s10339-016-0756-7.

Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*: Lippincott Williams & Wilkins.

Noel, M.-P., Seron, X., & Trovarelli, F. (2004). Working memory as a predictor of addition skills and addition strategies in children. *Current Psychology of Cognition, 22*(1), 3-24.

Núñez-Peña, M. I., Suárez-Pellicioni, M., & Bono, R. (2013). Effects of math anxiety on student success in higher education. *International Journal of Educational Research*, *58*, 36-43.

Núñez, R. E., Edwards, L. D., & Matos, J. F. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies* in Mathematics, *39*(1-3), 45-65.

Odic, D., Hock, H., & Halberda, J. (2014). Hysteresis affects approximate number discrimination in young children. *Journal of Experimental Psychology: General, 143*(1), 255–265.

Organization, W. H. (1994). *Application of the international classification of diseases to dentistry and stomatology: World Health Organization.*

Organization, W. H. (2016). *International statistical classification of diseases and related health problems (5 th ed ed. Vol. 1)*: World Health Organization.

Oviatt, S., Lin, J., & Sriramulu, A. (2021). I know what you know: What hand movements reveal about domain expertise. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 11*(1). DOI:10.1145/3423049

Park, J., & Brannon, E. M. (2014). Improving arithmetic performance with number sense training: An investigation of underlying mechanism. *Cognition, 133*(1), 188-200. DOI:10.1016/j.cognition.2014.06.011

Park, J., Bermudez, V., Roberts, R. C., & Brannon, E. M. (2016). *Non-symbolic approximate arithmetic training improves math performance in preschoolers. Journal of experimental child psychology, 152*, 278-293. DOI:10.1016/j.jecp.2016.07.011

Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology, 88*(4), 348-367. DOI:10.1016/j.jecp.2004.04.002

Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., & Schadee, H. (2007). *The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence* (Vol. 22).

Passolunghi, M. C., & Costa, H. M. (2016). Working memory and early numeracy training in preschool children. Child Neuropsychology, 22, 81–98. DOI:10.1080/09297049.2014.971726

Peters, E., Västfjäll, D., Slovic, P., Mertz, C. K., Mazzocco, K., & Dickert, S. (2006). Numeracy and Decision Making. *Psychological Science, 17*(5), 407-413. DOI:10.1111/j.1467-9280.2006.01720.x

Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *La psychologie de l'enfant*: 1977.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). The psychology of the child. New York: Basic Books.

Piazza, M. (2011). *Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations Space, Time and Number in the Brain*. Elsevier.

Pickering, S., & Gathercole, S. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C) manual*. London: The Psychological Corporation.

Pimperton, H., & Nation, K. (2010). Understanding words, understanding numbers: An exploration of the mathematical profiles of poor comprehenders. *British Journal of Educational Psychology, 80*(2), 255-268.

Polit, D.F., & Beck, C.T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations [Electronic version]. Research in Nursing & Health, *29*, 489-497.

Potter, D., Summerfelt, A., Gold, J., & Buchanan, R. W. (2006). *Review of clinical correlates of P50 sensory gating abnormalities in patients with schizophrenia. Schizophrenia bulletin, 32*(4), 692-700.

Pouw, W. T. J. L., Van Gog, T., & Paas, F. (2014). *Educational Psychology Review, 26,* 51 –72. DOI:10.1007/ s10648-014-9255-5.

Ray, K., & Smith, M. C. (2010). The Kindergarten Child: What Teachers and Administrators Need to Know to Promote Academic Success in all Children. *Early Childhood Education Journal, 38*(1), 5-18. DOI:10.1007/s10643-010-0383-3

Reid, L. (2009). Follow the Poet: Poetry in the Montessori Classroom. *Montessori life: A publication of the American Montessori society, 21*(3), 16-23.

Ribner, A. D. (2020). Executive function facilitates learning from math instruction in kindergarten: Evidence from the ECLS-K. *Learning and Instruction, 65*, 1-18. DOI:10.1016/j.learninstruc.2019.101251

Rittle-Johnson, B., Zippert, E. L., & Boice, K. L. (2018). Data on preschool children's math, patterning, and spatial knowledge. *Data in Brief*, 20, 196-199. DOI:10.1016/j.dib.2018.07.061

Ronfard, S., Zambrana, I. M., Hermansen, T. K., & Kelemen, D. (2018). Question-asking in childhood: A review of the literature and a framework for understanding its development. *Developmental Review, 49*, 101-120. DOI:10.1016/j.dr.2018.05.002

Rousselle, L., & Noël, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition, 102*(3), 361-395.

Ruiter, M., Loyens, S., & Paas, F. (2015). Watch Your Step Children! Learning Two-Digit Numbers Through Mirror-Based Observation of Self-Initiated Body Movements. *Educational Psychology Review, 27*(3), 457-474. DOI:10.1007/s10648-015-9324-4

Russell Gersten, B. S. C., Nancy C. Jordan. (2007). *Screening for mathematics difficulties in K-3 students. (2 ed.):* Portsmouth.

Sarnecka, B.W. (2021). *Learning to represent exact numbers*. Synthese 198, 1001–1018. DOI:10.1007/s11229-015-0854-6

Schlaggar, B. L., & McCandliss, B. D. (2007). Development of neural systems for reading. *Annu. Rev. Neurosci., 30*, 475-503.

Schaefer, S. (2018). Embodiment Helps Children Solve a Spatial Working Memory Task: Interactions with Age and Gender. *Journal of Cognitive Enhancement.* DOI:10.1007/s41465-018-0081-4

Schaefer, S. (2019). Embodiment Helps Children Solve a Spatial Working Memory Task: Interactions with Age and Gender. *Journal of Cognitive Enhancement, 3*(2), 233-244. DOI:10.1007/s41465-018-0081-4

Schott, N. (2019). Dual-Task Performance in Developmental Coordination Disorder (DCD): Understanding Trade-offs and Their Implications for Training. *Current Developmental Disorders Reports, 6*(2), 87-101. DOI:10.1007/s40474-019-00163-z

Schwenk, C., Sasanguie, D., Kuhn, J.-T., Kempe, S., Doebler, P., & Holling, H. (2017). (Non-)symbolic magnitude processing in children with mathematical difficulties: A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities, 64,* 152-167. DOI:10.1016/j.ridd.2017.03.003

Sepp, S., Howard, S. J., Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Paas, F. (2019). Cognitive Load Theory and Human Movement: Towards an Integrated Model of Working Memory. *Educational Psychology Review, 31*(2), 293-317. DOI:10.1007/s10648-019-09461-9

Seshadri, J., & Lakshminarayanan, V. (2007). Screening efficiency of the Hardy–Rand–Rittler (HRR) colour test (4th edn). *Journal of Modern Optics, 54*(9), 1361-1365. DOI:10.1080/09500340600855544

Shah, P., & Miyake, A. (2005). *The Cambridge handbook of visuospatial thinking:* Cambridge University Press.

Shalev, R. S., & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric neurology, 24*(5), 337-342.

Siemann, J., & Petermann, F. (2018). Evaluation of the Triple Code Model of numerical processing-Reviewing past neuroimaging and clinical findings. *Research in Developmental Disabilities, 72*, 106-117. DOI:10.1016/ j.ridd.2017.11.001

Silverthorn, P. (1999). Jean Piaget's theory of development. *Retrieved July, 24*, 1-4.

van den Heuvel-Panhuizen, M., Elia, I., & Robitzsch, A. (2016). Effects of reading picture books on kindergartners' mathematics performance. *Educational psychology, 36*(2), 323-346.

Smith, C. P., King, B., & Hoyte, J. (2014). Learning angles through movement: Critical actions for developing understanding in an embodied activity. *The Journal of Mathematical Behavior*, *36*, 95-108.

Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing your children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. Early Childhood Research Quarterly, 19, 99–129. DOI:10.1016/j.ecresq.2004.01.00

Suárez-Pellicioni, M., Núñez-Peña, M. I., & Colomé, À. (2016). *Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *16*(1), 3-22.

Sullivan, J. (2018). Learning and Embodied Cognition: A Review and Proposal. *Psychology Learning & Teaching, 17*, 147572571775255. DOI:10.1177/1475725717752550

Swanson, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology, 98*(2), 265.

Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex, 49*(10), 2674-2688. DOI:10.1016/j.cortex.2013.06.007

Todd, J. J., & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature, 428*(6984), 751.

Tran, C., Smith, B., & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cognitive research: principles and implications, 2*(1), 16. DOI:10.1186/s41235-017-0053-8

Ungureanu, D. (1998). Copii cu dificultati de invatare. EDP, Bucuresti.

Van der Linden, W.J. (2007*). A hierarchical framework for modeling speed and accuracy on test items*. Psychometrika, *72*, 287–308.

Van Herwegen, J., Costa, H. M., Nicholson, B., & Donlan, C. (2018). Improving number abilities in low achieving preschoolers: Symbolic versus non-symbolic training programs. *Research in Developmental Disabilities, 77*, 1-11. DOI:10.1016/j.ridd.2018.03.011

Vygotsky, L. S. (1997). *Education psychology*. Florida: CROC Press LLC.

Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes:* Harvard university press.

Walkington, C., Chelule, G., Woods, D., & Nathan, M. J. (2019). Collaborative gesture as a case of extended mathematical cognition. *The Journal of Mathematical Behavior, 55*, 100683. DOI:10.1016/j.jmathb.2018.12.002

Wang, J., Odic, D., Halberda, J., & Feigenson, L. (2016). Changing the precision of preschoolers' approximate number system representations changes their symbolic math performance. *Journal of Experimental Child Psychology, 147*, 82-99. DOI:10.1016/j.jecp.2016.03.002

Wechsler, D. (2012) *Wechsler preschool and primary scale of intelligence (4th ed.).* Bloomington, MN: Pearson.

Whyte, J. C., & Bull, R. (2008). Number games, magnitude representation, and basic number skills in preschoolers. *Developmental Psychology, 44*(2), 588-596. DOI:10.1037/0012-1649.44.2.588

Wiest, L. R., Higgins, H. J., & Frost, J. H. (2007). Quantitative Literacy for Social Justice. *Equity & Excellence in Education, 40*(1), 47-55. DOI:10.1080/10665680601079894

Wilson,M. (2002).Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*,625 –636. DOI:10.3758/ BF03196322.

Wilson, A., & Golonka, S. (2013). Embodied Cognition is Not What you Think it is. *Frontiers in Psychology, 4*(58). DOI:10.3389/fpsyg.2013.00058

Wood, E., & Attfield, J. (2005). *Play, learning and the early childhood curriculum: Sage.*

Zulauf, M. W., Schweiter, M., & von Aster, M. (2003). *Das Kindergartenalter: Sensitive Periode für die Entwicklung numerischer Fertigkeiten*

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก – 1 หนังสือรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ก – 2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

ก – 3 ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

ก – 1 หนังสือรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ที่ ๑๒๔/๒๕๖๓
(Amendment)

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HU 007/2563
โครงการวิจัยเรื่อง : การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย
หัวหน้าโครงการวิจัย : นางอารีย์ หาญสมศักดิ์กุล
หน่วยงานที่สังกัด : นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า **โครงการวิจัย** ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ **ไม่มีการ**ล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

๑. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	ฉบับที่ ๓ วันที่ ๑๙ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓
๒. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย	ฉบับที่ ๒ วันที่ ๑๙ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓
๓. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ ๒ วันที่ ๑๙ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๓
๔. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๙ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓
๕. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๙ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓
๖. เอกสารอื่น ๆ (ถ้ามี)	ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. -

วันที่รับรอง : วันที่ ๒๖ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
วันที่หมดอายุ : วันที่ ๒๕ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

ลงนาม
(นายเจนวิทย์ นวลแสง)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ชุดที่ ๒ (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

ก – 2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

ที่ อว ๘๑๒๔/๐๐๙๒

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๗ มีนาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอำเภอสอยดาว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต ๒

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อดุษฎีนิพนธ์ และเครื่องมือ จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางอารีย์ หาญสมศักดิ์กุล รหัสประจำตัวนิสิต ๕๘๘๑๐๐๐๕ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์เรื่อง “การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย” ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ปิยะทิพย์ ประดุจพรม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ในการนี้ ผู้วิจัยมีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นอนุบาล ๓ เพื่อขอสุ่มอาสาสมัคร และคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยโดยใช้กิจกรรมในการทดลอง จำนวน ๒๓ โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนบ้านสมเด็จเจ้าพระยาอุปถัมภ์ โรงเรียนบ้านตามูล (รัฐประชาสงเคราะห์) โรงเรียนวัดสำโรง โรงเรียนสังวาลย์วิทย์ ๖ โรงเรียนบ้านประตง (อนุบาล อ.สอยดาว) โรงเรียนบ้านทับสงฆ์ โรงเรียนบ้านไทรงาม โรงเรียนบ้านทรายทอง โรงเรียนบ้านโป่งเจริญชัย โรงเรียนบ้านทับช้าง โรงเรียนบ้านไผ่ล้อมสามัคคี โรงเรียน ส.ไทยเสรีอุตสาหกรรม ๒ โรงเรียนบ้านซับตารี โรงเรียนหนองมะค่า โรงเรียนโฆวินทะ โรงเรียนบ้านตาเรือง (ตำรวจชายแดนสงเคราะห์) โรงเรียนบ้านเขาแก้ว โรงเรียนบ้านกระทิงทอง โรงเรียนบ้านทรัพย์เจริญ โรงเรียนบ้านวนส้ม โรงเรียนสตรีวิทยาอุปถัมภ์ ๒ โรงเรียนปะตงวิทยา และโรงเรียนเตรียมศึกษาสอยดาว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา
โทร. ๐ ๓๘๑๐ ๒๒๒๒ ต่อ ๒๐๗๗, ๒๐๗๘
โทร/ โทรสาร ๐ ๓๘๓๙ ๓๔๘๔
htpp://www.rmcs.buu.ac.th

ก – 3 ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

AF 06-03.4

เอกสารแสดงความยินยอม
ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)
(สำหรับผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 7 ปี หรือผู้ไม่สามารถตัดสินใจได้ด้วยตนเอง)

รหัสโครงการวิจัย : G-HU 007/2563

โครงการวิจัยเรื่อง การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

ให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน พ.ศ.2563

ข้าพเจ้า ..... บิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล ของ ..... ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่างๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าจึงยินยอมให้ ..... เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ การบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการเรียนการสอนหรือผลการเรียน ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดง ความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสาร แสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....
(.....)
บิดา/มารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาล

ลงนาม .....พยาน
(.....)

หมายเหตุ : กรณีที่บิดามารดา/ผู้ปกครอง/ผู้อนุบาลให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้มีพยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

ภาคผนวก ข

ข - 1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ข - 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ

ข – 1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	คุณวุฒิ	ตำแหน่งทางวิชาการ	ประสบการณ์และประวัติการทำงาน
1	นางสาววัฒนารี อัมมวรรธน์	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา	-	- อาจารย์ประจำสาขากิจกรรมบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล - นักกิจกรรมบำบัด โรงพยาบาลเอกชนและคลินิกเอกชน ด้านการประเมิน บำบัด และกระตุ้นพัฒนาการเด็ก เด็กที่มีความต้องการพิเศษ และให้คำแนะนำผู้ปกครอง
2	นายเสกสรร มาตวังแสง	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ (การศึกษาปฐมวัย) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	ครูเชี่ยวชาญ	- อาจารย์พิเศษ สาขาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ - อาจารย์พิเศษ สาขาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี - ตำแหน่งปัจจุบัน ครู โรงเรียนเทศบาลวัดเนินสุทธาวาส (สุทธิพงษ์ประชานุกูล) สำนักการศึกษาเทศบาลเมืองชลบุรี
3	นายกมล ขวัญดี	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา	ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ	- พ.ศ. 2525-2557 ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ รับผิดชอบงานการจัดการศึกษาปฐมวัย - คณะทำงานจัดทำหลักสูตรการศึกษาปฐมวัยของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ข – 1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	คุณวุฒิ	ตำแหน่งทางวิชาการ	ประสบการณ์และประวัติการทำงาน
5	รศ.ดร.พูลพงศ์ สุขสว่าง	ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ค.ด.) สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	รองศาสตราจารย์ สาขาวิชา การศึกษา อนุสาขาวิชาสถิติ วิจัย การวัด และการประเมินผลทางการศึกษา	- เอกสารคำสอน หนังสือ และบทความทางวิชาการ เกี่ยวกับ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง จำนวน 4 เรื่อง - ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ จำนวน 72 เรื่อง - อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ปรึกษาร่วม และคณะกรรมการสอบ จำนวน 67 เรื่อง - วิทยากรโครงการบริการวิชาการแก่สังคม ในหัวข้อเกี่ยวกับการเลือกใช้สถิติเพื่อการวิจัย จำนวน 20 โครงการ - อาจารย์ประจำหน่วยวิจัยวิทยาการปัญญาและนวัตกรรม วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
6	ดร.กนก พานทอง	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	- หน่วยวิจัยวิทยาการปัญญาและนวัตกรรม วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา - ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายยุทธศาสตร์และระบบปฏิบัติการ

ข - 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	1.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน				1				1			1					1				1	5	1	
	1.2 สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1			1				1					1	5	1	ปรับสาระที่ควรรู้
	1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์				1				1				1			1				1		5	1	ใช้คำว่าเด็กสามารถนำข้อความ
	1.4 เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา				1				1			1				1				1			4	0.8	เด็ก 1 คน จะได้โดยนลูกเต๋า 5 ครั้ง อาจจะต้องทดลองทำดูก่อนว่าเด็กทำได้เร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้หรือเปล่า

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	1.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์				1				1			1					1			1		5	1	
	1.6 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง			1					1				1				1				1	5	1	
	1.7 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1				1				1				1	5	1	
	1.8 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้			1					1				1				1			1		5	1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 ปรับเส้นเลขบรรทัดให้เป็นเลข 30 (5 ครั้งx 6 แต้ม) ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 กล่องใส ควรเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเพื่อให้เด็กเห็นได้ทุกมุม

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	1.9 นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง				1				1				1				1				1	5	1	
	1.10 การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้				1				1		1						1				1	4	0.8	
	1.11 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาด้านโมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical core deficit model)				1				1				1				1			1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เดินคิดคณิตศาสตร์	2.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน				1				1			1					1				1	5	1	
	2.2 สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกั[ระดับชั้น				1				1			1				1				1		5	1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5 ไม่แน่ใจว่าจะท้าทายเด็กกลุ่มเก่ง หรือเปล่า
	2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์				1				1				1			1					1	5	1	ใช้คำว่าเด็กสามารถนำข้อความ
	2.4 เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา			1					1			1				1					1	5	1	เพิ่มเวลาในขั้นนำและขั้นสรุป
	2.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์				1				1			1					1			1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	2.6 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง				1				1			1					1				1	5	1	
	2.7 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1		1						1		1			3	0.6	ในช่วงอายุนี้สามารถฟังคำสั่งได้ 2-3 คำสั่ง ถ้าปรับให้กิจกรรมมีความง่ายไปยาก เช่น ทางขวา 2 ช่อง ทางซ้าย 3 ช่อง ก็น่าจะท้าทายกับวัยนี้ เพิ่มเติม เพิ่มช่องตาราง/จุดกำหนดทิศทาง
	2.8 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้				1				1			1					1			1		5	1	จากคู่มือ ไม่แน่ใจว่าจะต้องมีจุดบอกจำนวนให้เด็กกระโดดไปทางซ้ายหรือขวา แล้วขานตัวเลขที่ได้หรือเปล่า

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	2.9 นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง				1				1			1					1				1	5	1	
	2.10 การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้				1				1			1					1				1	5	1	
	2.11 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-specific deficit model)				1				1			1					1			1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
คณิตคิดจำแนก	3.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน				1				1		1						1				1	4	0.8	
	3.2 สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1				1			1					1	5	1	
	3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์				1				1				1			1					1	5	1	ใช้คำว่าเด็กสามารถนำข้อความ
	3.4 เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา				1				1				1			1					1	5	1	
	3.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์				1				1				1				1				1	5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
คณิตคิดจำแนก	3.6 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง				1				1				1				1				1	5	1	
	3.7 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1				1				1				1	5	1	
	3.8 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้				1				1				1				1				1	5	1	
	3.9 นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง				1				1				1				1			1		5	1	
	3.10 การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้				1				1			1					1			1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
คณิตคิดจำแนก	3.11 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain general deficit model)				1				1				1				1			1		5	1	
แตกต่างหรือเหมือนกัน	4.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน				1				1		1						1				1	4	0.8	
	4.2 สาระการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1				1			1					1	5	1	
	4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้/ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์				1				1				1			1				1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
แตกต่างหรือเหมือนกัน	4.4 เนื้อหาสาระ/กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา				1				1				1			1					1	5	1	
	4.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และคุณลักษณะอันพึงประสงค์				1				1				1				1			1		5	1	วัยนี้มีบอกเหมือนต่างที่ซับซ้อนได้ ดังนั้น การให้เด็กแยกหรือบอกเหมือนต่าง เช่น สัตว์ 4 เท้า สัตว์ 2 เท้า หรือการบอกความเหมือน-ต่างของสัตว์ตใหญ่/เล็กน่าจะสอดคล้อง กับกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม
	4.6 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถปฏิบัติได้จริง				1				1				1				1			1		5	1	
	4.7 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้น				1				1				1				1			1		5	1	

ตารางคะแนน CVI ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ต่อ)

กิจกรรม	รายการ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																				รวมคะแนน	แปลผล	ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
แตกต่างหรือเหมือนกัน	4.8 วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้				1				1				1				1			1		5	1	
	4.9 นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง				1				1				1				1			1		5	1	
	4.10 การวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้				1				1			1					1				1	5	1	
	4.11 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain general deficit model)				1				1				1				1			1		5	1	
ค่าCVI เฉลี่ย																							0.97	

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

ค - 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ค - 2 แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST)

ค - 3 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ค - 4 แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560

ค - 5 แบบทดสอบระดับเชาว์ปัญญาชนิดไม่ใช้ภาษา (PTONI)

ค - 6 แบบประเมินการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาล โดยใช้ แผ่นทดสอบ Lea Chart (สปสช.)

ค - 7 แบบวัดตาบอดสี (Trusetal Hardy-Rand-Rittler Farbtest : H-R-R Test)

ค – 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

รหัส.....

แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป (ส่วนนี้สำหรับผู้ปกครอง)

1.1 เพศ

❒ ชาย ❒ หญิง

1.2 อายุ.....ปี .....เดือน

1.3 ระดับการศึกษาปัจจุบัน

❒ อนุบาล 2 ☑ อนุบาล 3

1.4 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

❒ ไม่มี

❒ มีโรคประจำตัว โปรดระบุ.....

<u>ส่วนที่ 2</u> คุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือกตามกลุ่มตัวอย่าง (ส่วนนี้สำหรับผู้วิจัย)

2.1 ระดับเชาวน์ปัญญา.....

2.2 การได้ยิน

❒ ปกติ ❒ ผิดปกติ

2.3 ผลการประเมินการตรวจระดับการเห็น

❒ ปกติ ❒ ผิดปกติ

2.4 ผลการทดสอบตาบอดสี

❒ ปกติ ❒ ผิดปกติ ด้าน.....

2.5 ความพิการทางร่างกาย

❒ มี ❒ ไม่มี

ค - 2 แบบประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ The Number Sets Test (NST)

ชื่อนามสกุล _____

ระดับชั้นอนุบาล 3/____โรงเรียน_____

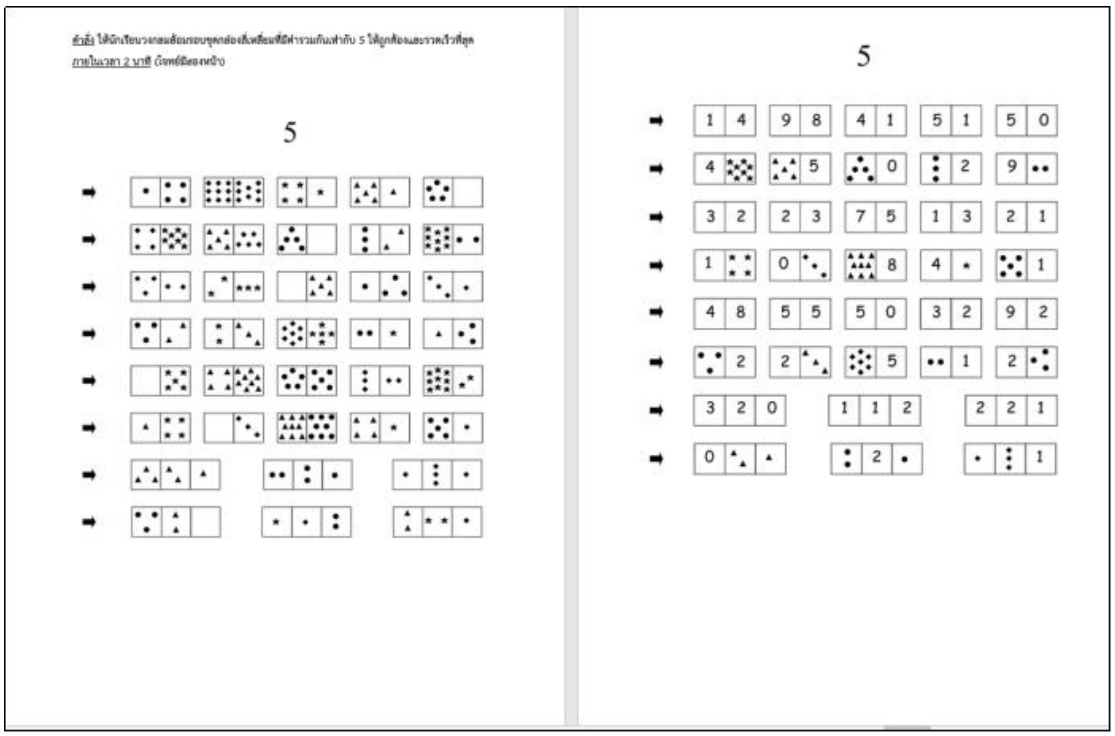
ผลรวมของตัวเลขและสัญลักษณ์ : The Number sets test (NST)

<u>คำอธิบาย</u> เรากำลังจะเล่นเกมตัวเลข โดยเกมนี้จะทำให้เรารู้ว่าตัวเลขสามารถแยกจำนวนออกจากกันได้อย่างไร แล้วนำมารวมกันได้อย่างไร ครูจะเริ่มจากหมายเลข 4 (ชี้ไปที่หมายเลข 4 ด้านล่าง) *ครูอยากให้นักเรียนวงกลมชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่จำนวนของเขารวมกันแล้วมีค่าเท่ากับ 4 นักเรียนจะเห็นว่าชุดกล่องสี่เหลี่ยมด้านล่างทุกอันรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับ 4 ทั้งหมด*

- *ดาว 2 ดวงรวมกับดาวอีก 2 ดาว (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมแรก)*
- *ตัวเลข 3 รวมกับตัวเลข 1 (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่สอง) และสามเหลี่ยมรวมกัน 4 อัน (ชี้ไปที่ชุดกล่องสี่เหลี่ยมที่สาม)*

4

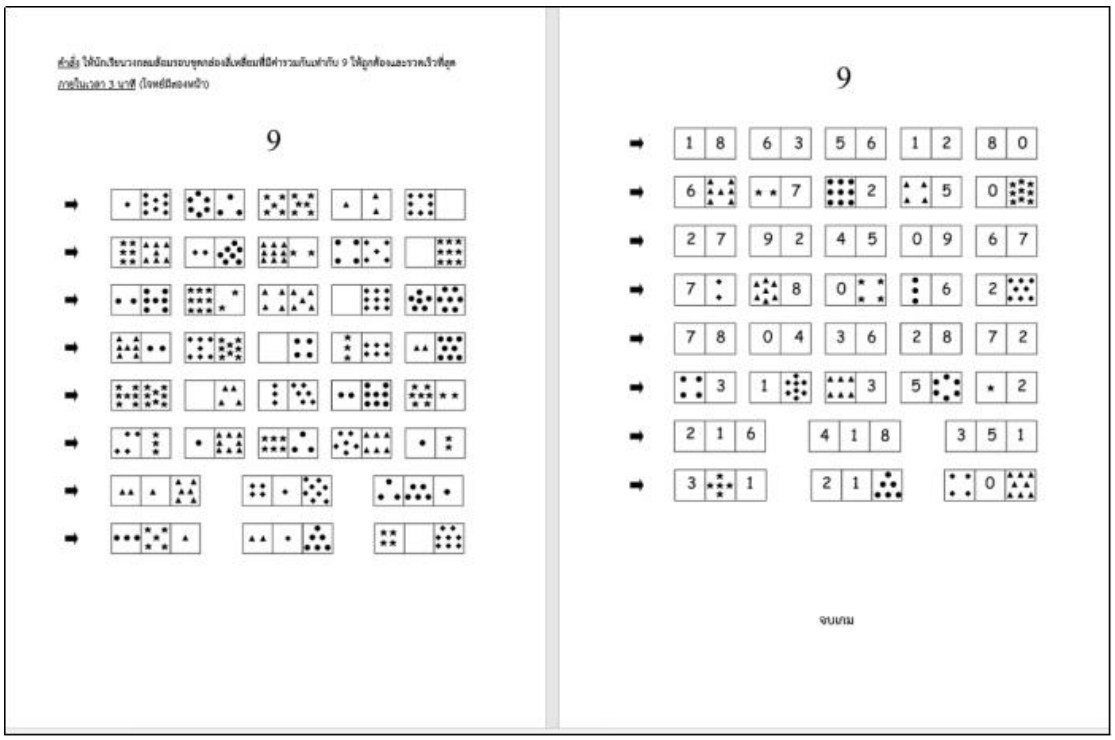
➡ ★ ★ ★ ★ 3 1 ▲ ▲ ▲ ▲



คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบชุดกล่องสิ่งเหลี่ยมที่มีค่ารวมกันเท่ากับ 5 ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 2 นาที (โจทย์มีสองหน้า)

5

5



คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบชุดกล่องสิ่งเหลี่ยมที่มีค่ารวมกันเท่ากับ 9 ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ภายในเวลา 3 นาที (โจทย์มีสองหน้า)

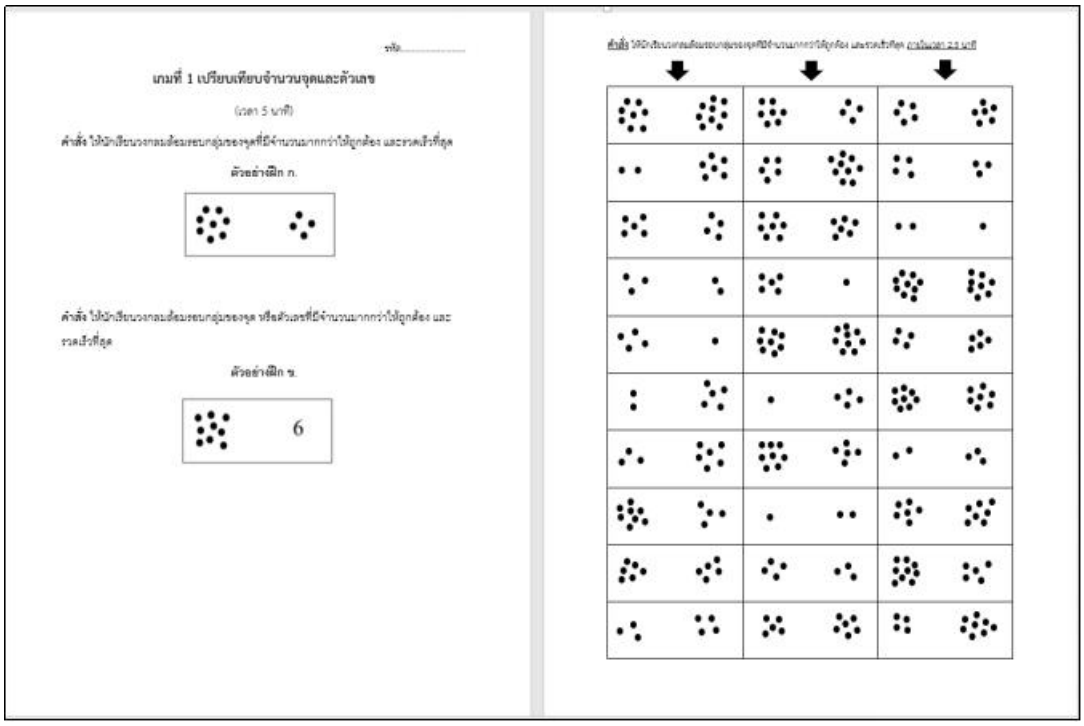
9

9

จบเกม

ค – 3 แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข



เกมที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนจุดและตัวเลข

(เวลา 5 นาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุดที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้อง และรวดเร็วที่สุด

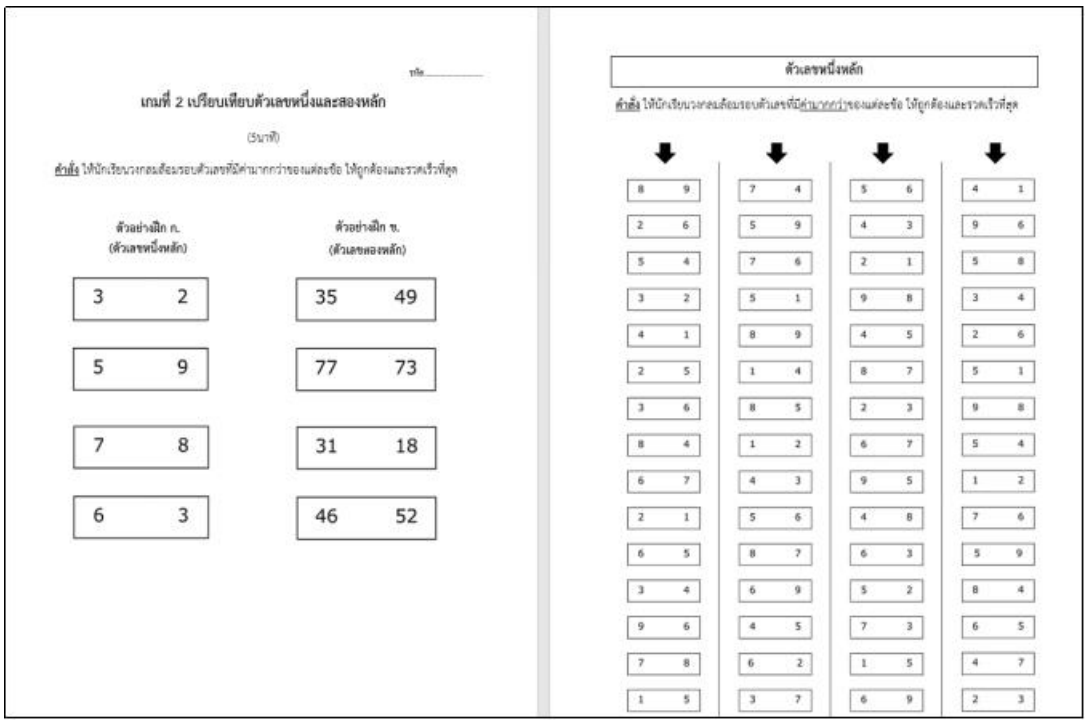
ตัวอย่างฝึก ก.

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบกลุ่มของจุด หรือตัวเลขที่มีจำนวนมากกว่าให้ถูกต้อง และรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ข.

6

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 2 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก



เกมที่ 2 เปรียบเทียบตัวเลขหนึ่งและสองหลัก

(5นาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างฝึก ก. (ตัวเลขหนึ่งหลัก)

3	2
5	9
7	8
6	3

ตัวอย่างฝึก ข. (ตัวเลขสองหลัก)

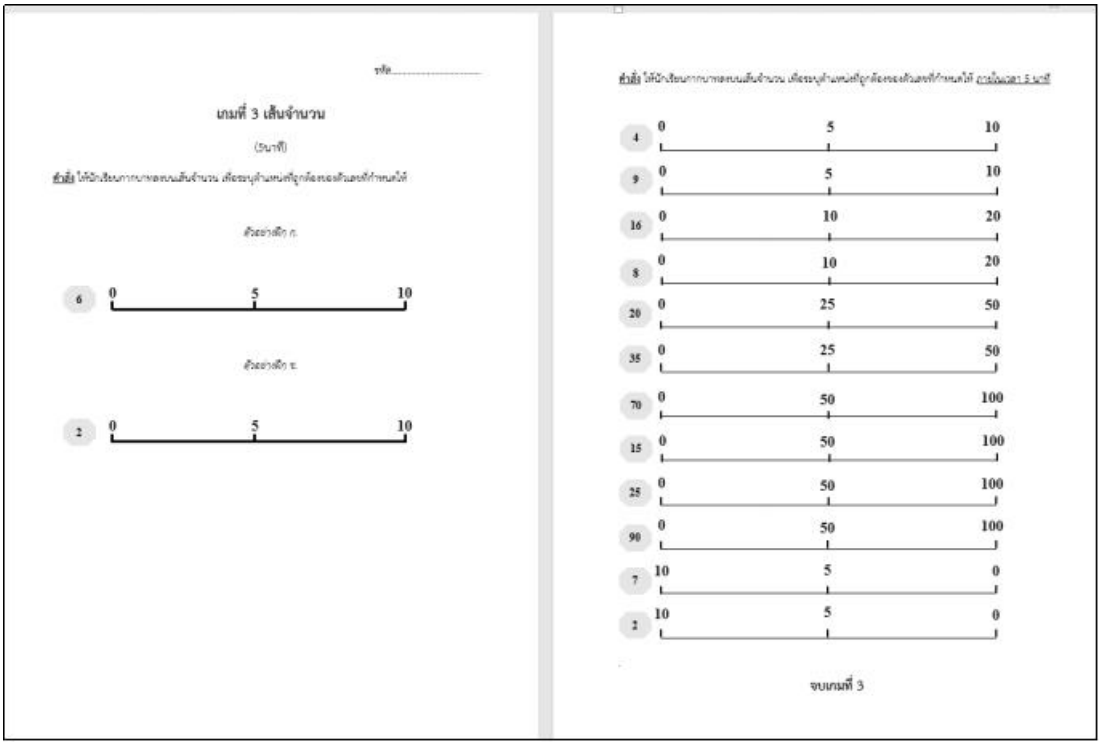
35	49
77	73
31	18
46	52

ตัวเลขหนึ่งหลัก

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

8 9	7 4	5 6	4 1
2 6	5 9	4 3	9 6
5 4	7 6	2 1	5 8
3 2	5 1	9 8	3 4
4 1	8 9	4 5	2 6
2 5	1 4	8 7	5 1
3 6	8 5	2 3	9 8
8 4	1 2	6 7	5 4
6 7	4 3	9 5	1 2
2 1	5 6	4 8	7 6
6 5	8 7	6 3	5 9
3 4	6 9	5 2	8 4
9 6	4 5	7 3	6 5
7 8	6 2	1 5	4 7
1 5	3 7	6 9	2 3

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 3 เส้นจำนวน



ชื่อ.....

เกมที่ 3 เส้นจำนวน

(วินาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนกากบาทลงบนเส้นจำนวน เพื่อระบุตำแหน่งที่ถูกต้องของตัวเลขที่กำหนดให้

ตัวอย่างที่ ก.

6 0 5 10

ตัวอย่างที่ ข.

2 0 5 10

คำสั่ง ให้นักเรียนกากบาทลงบนเส้นจำนวน เพื่อระบุตำแหน่งที่ถูกต้องของตัวเลขที่กำหนดให้ ภายในเวลา 5 นาที

4 0 5 10

9 0 5 10

16 0 10 20

8 0 10 20

20 0 25 50

35 0 25 50

70 0 50 100

15 0 50 100

25 0 50 100

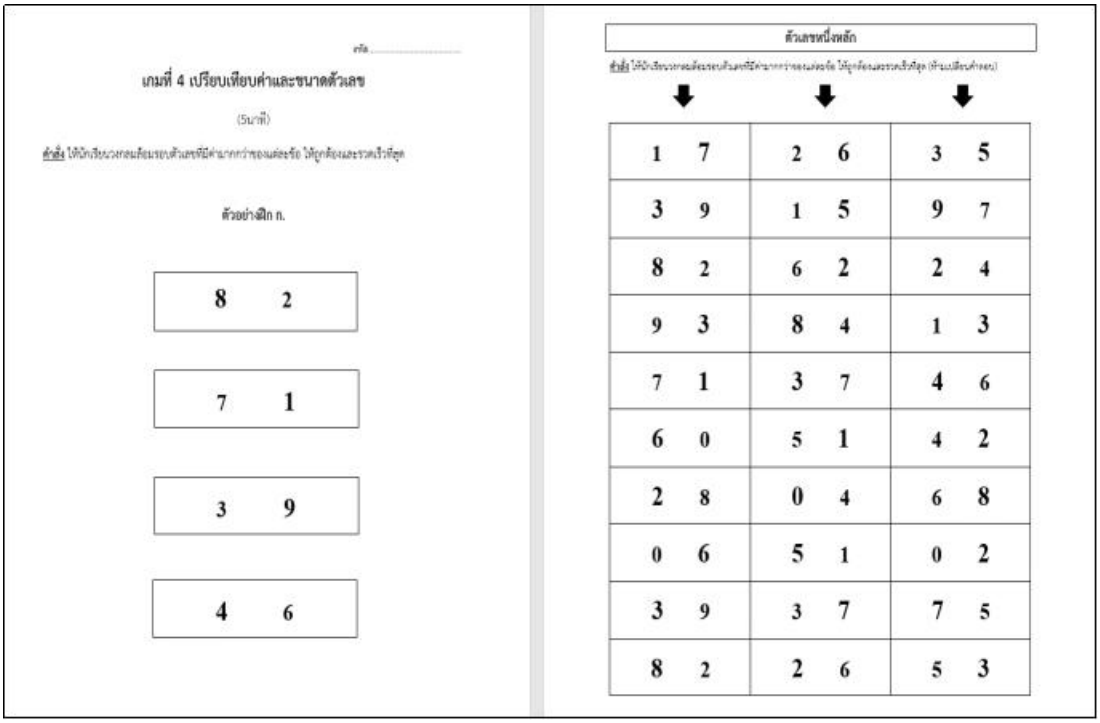
90 0 50 100

7 10 5 0

2 10 5 0

จบเกมที่ 3

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข



ชื่อ.....

เกมที่ 4 เปรียบเทียบค่าและขนาดตัวเลข

(วินาที)

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด

ตัวอย่างที่ ก.

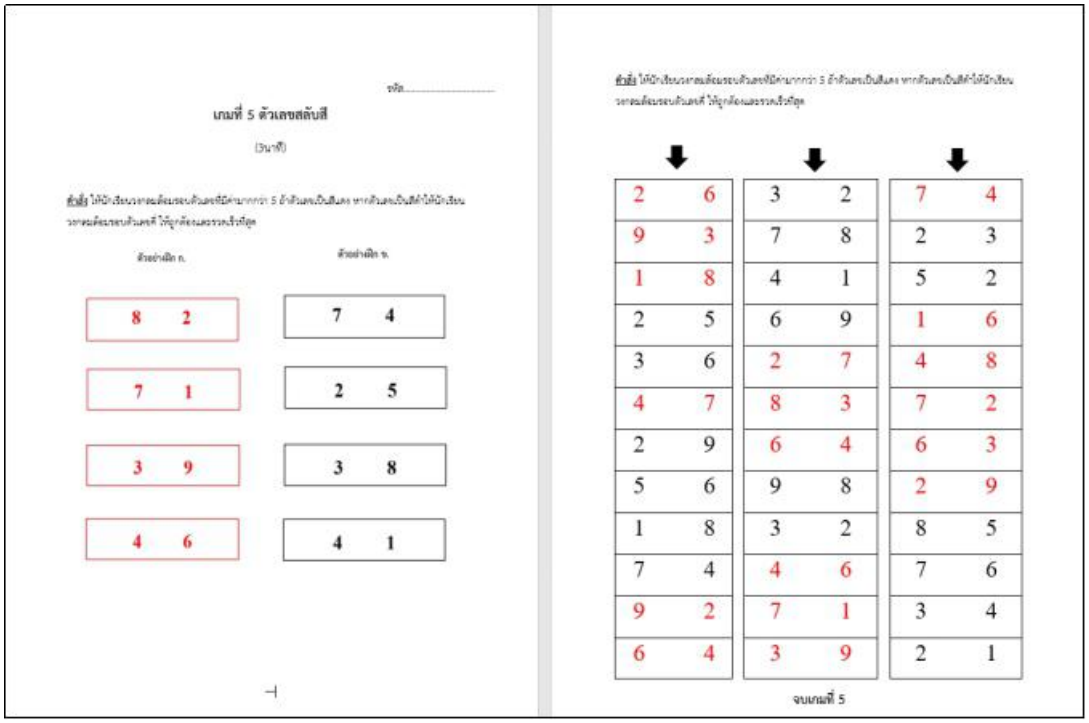
8	2
7	1
3	9
4	6

ตัวเลขหนึ่งหลัก

คำสั่ง ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลขที่มีค่ามากกว่าของแต่ละข้อ ให้ถูกต้องและรวดเร็วที่สุด (ห้ามเปลี่ยนคำสั่ง)

1 7	2 6	3 5
3 9	1 5	9 7
8 2	6 2	2 4
9 3	8 4	1 3
7 1	3 7	4 6
6 0	5 1	4 2
2 8	0 4	6 8
0 6	5 1	0 2
3 9	3 7	7 5
8 2	2 6	5 3

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 5 ตัวเลขสลับสี



เกมที่ 5 ตัวเลขสลับสี

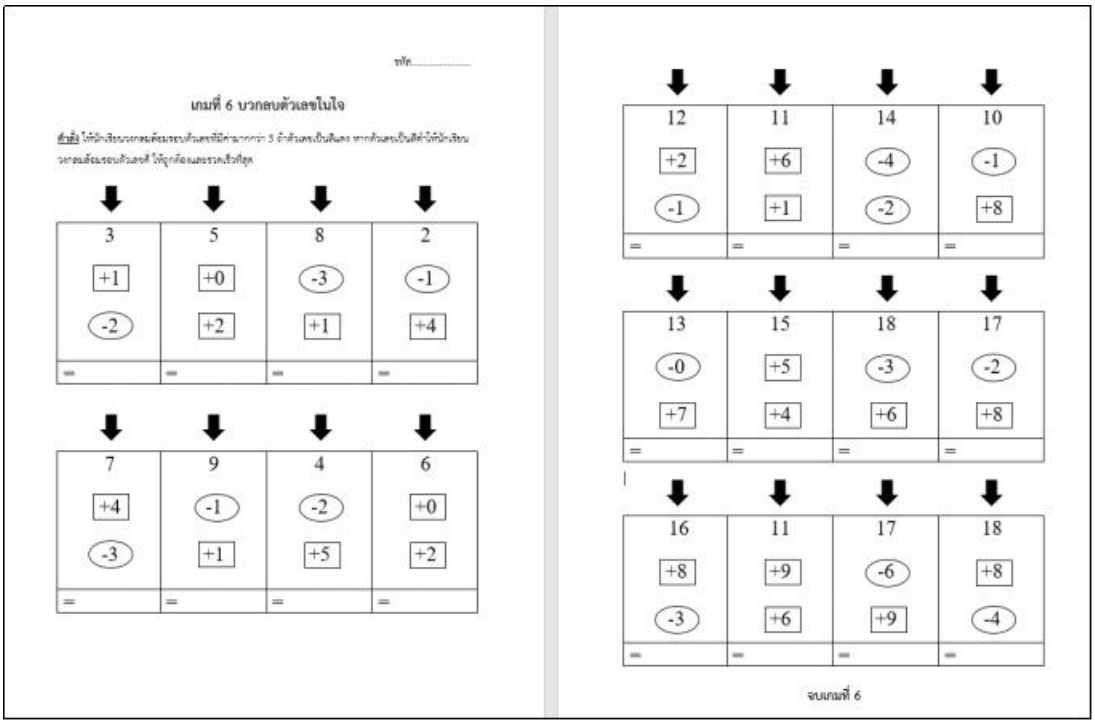
(ฉบับที่)

ตัวอย่างที่ ก.		ตัวอย่างที่ ข.	
8	2	7	4
7	1	2	5
3	9	3	8
4	6	4	1

2	6	3	2	7	4
9	3	7	8	2	3
1	8	4	1	5	2
2	5	6	9	1	6
3	6	2	7	4	8
4	7	8	3	7	2
2	9	6	4	6	3
5	6	9	8	2	9
1	8	3	2	8	5
7	4	4	6	7	6
9	2	7	1	3	4
6	4	3	9	2	1

จบเกมที่ 5

ตัวอย่างแบบทดสอบ เกมที่ 6 บวกลบตัวเลขในใจ



เกมที่ 6 บวกลบตัวเลขในใจ

3	5	8	2
+1	+0	-3	-1
-2	+2	+1	+4
=	=	=	=
7	9	4	6
+4	-1	-2	+0
-3	+1	+5	+2
=	=	=	=

12	11	14	10
+2	+6	-4	-1
-1	+1	-2	+8
=	=	=	=
13	15	18	17
-0	+5	-3	-2
+7	+4	+6	+8
=	=	=	=
16	11	17	18
+8	+9	-6	+8
-3	+6	+9	-4
=	=	=	=

จบเกมที่ 6

ค – 4 แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัยพุทธศักราช 2560

แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560
ชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อายุ 5-6 ปี) ห้อง..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา 2563
มาตรฐานพัฒนาการด้านสติปัญญา
มาตรฐานที่ 9 ใช้ภาษาสื่อสารได้เหมาะสมกับวัย

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตัวบ่งชี้/สภาพที่พึงประสงค์			
		9.1 สนทนาโต้ตอบและเล่าเรื่องให้ผู้อื่นเข้าใจ		9.2 อ่าน เขียนภาพและสัญลักษณ์ได้	
		9.1.1 ฟังผู้อื่นพูดจนจบและสนทนาโต้ตอบอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงกับเรื่องที่ฟัง	9.1.2 เล่าเป็นเรื่องราวต่อเนื่องได้	9.2.1 อ่านภาพ สัญลักษณ์ คำ ด้วยการชี้หรือกวาดตามองจุดเริ่มต้นและจุดจบของข้อความ	9.2.2 เขียนชื่อของตนเองตามแบบเขียนข้อความด้วยวิธีที่คิดขึ้นเอง

เกณฑ์การประเมิน : 1 หมายถึง ควรเสริม 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี

แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560
ชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อายุ 5-6 ปี) ห้อง..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา 2563
มาตรฐานพัฒนาการด้านสติปัญญา
มาตรฐานที่ 10 มีความสามารถในการคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตัวบ่งชี้/สภาพที่พึงประสงค์			
		10.1 มีความสามารถในการคิดรวบยอด			
		10.1.1 บอกลักษณะส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงหรือความเคลื่อนไหวของสิ่งต่าง ๆ จากการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัส	10.1.2 จับคู่และเปรียบเทียบความแตกต่างหรือความเหมือนของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะที่สังเกตพบสองลักษณะขึ้นไป	10.1.3 จำแนกและจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ลักษณะขึ้นไปเป็นเกณฑ์	10.1.4 เรียงลำดับสิ่งของและเหตุการณ์อย่างน้อย 5 ลำดับ

เกณฑ์การประเมิน : 1 หมายถึง ควรเสริม 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี

แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560
ชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อายุ 5-6 ปี) ห้อง..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา 2563
มาตรฐานพัฒนาการด้านสติปัญญา
มาตรฐานที่ 10 มีความสามารถในการคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตัวบ่งชี้/สภาพที่พึงประสงค์			
		10.2 มีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล		10.3 มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและตัดสินใจ	
		10.2.1 อธิบายเชื่อมโยงสาเหตุหรือผลที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์หรือการกระทำด้วยตนเอง	10.2.2 คาดคะเนสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้น และมีส่วนร่วมในการลงความเห็นจากข้อมูลอย่างมีเหตุผล	10.3.1 ตัดสินใจในเรื่องง่าย ๆ และยอมรับผลที่เกิดขึ้น	10.3.2 ระบุปัญหา สร้างทางเลือก และเลือกวิธีแก้ปัญหา

เกณฑ์การประเมิน : 1 หมายถึง ควรเสริม 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี

แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560
ชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อายุ 5-6 ปี) ห้อง..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา 2563
มาตรฐานพัฒนาการด้านสติปัญญา
มาตรฐานที่ 11 มีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตัวบ่งชี้/สภาพที่พึงประสงค์	
		11.1 ทำงานศิลปะตามจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	11.2 แสดงท่าทาง/เคลื่อนไหวตามจินตนาการอย่างสร้างสรรค์
		11.1.1 สร้างผลงานศิลปะเพื่อสื่อสารความคิด ความรู้สึกของตนเองโดยมีการดัดแปลง แปลกใหม่จากเดิม และมีรายละเอียดเพิ่มขึ้น	11.1.2 เคลื่อนไหวท่าทางเพื่อสื่อสารความคิด ความรู้สึกของตนเองอย่างหลากหลายและแปลกใหม่

เกณฑ์การประเมิน : 1 หมายถึง ควรเสริม 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี

แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย ตามหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560

ชั้นอนุบาลปีที่ 3 (อายุ 5-6 ปี) ห้อง..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา 2563

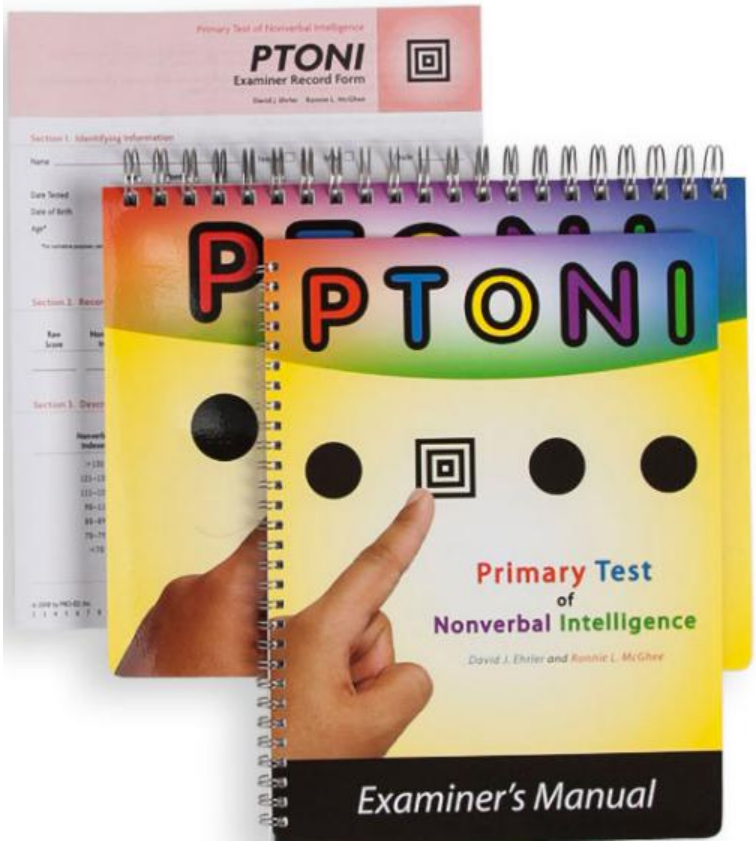
มาตรฐานพัฒนาการด้านสติปัญญา

มาตรฐานที่ 12 มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ และมีความสามารถในการแสวงหาความรู้ได้เหมาะสมกับวัย

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตัวบ่งชี้/สภาพที่พึงประสงค์			
		12.1 มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้		12.2 มีความสามารถในการแสวงหาความรู้	
		12.1.1 สนใจหยิบหนังสือมาอ่านและเขียนสื่อความคิดด้วยตนเองเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง	12.1.2 กระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมตั้งแต่ต้นจนจบ	12.2.1 ค้นหาคำตอบของข้อสงสัยต่าง ๆ โดยใช้วิธีการที่หลากหลายด้วยตนเอง	12.2.2 ใช้ประโยคคำถามว่า "เมื่อไหร่" "อย่างไร" ในการค้นหาคำตอบ

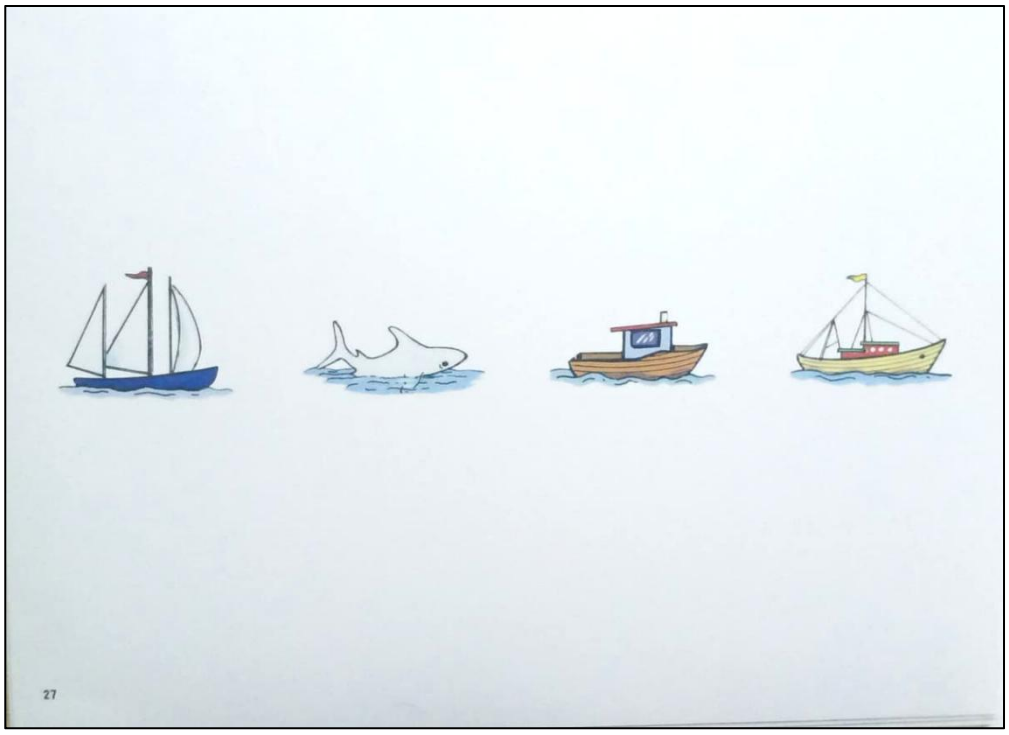
เกณฑ์การประเมิน : 1 หมายถึง ควรเสริม 2 หมายถึง พอใช้ 3 หมายถึง ดี

ค - 5 แบบทดสอบระดับเชาว์ปัญญาชนิดไม่ใช้ภาษา (PTONI)

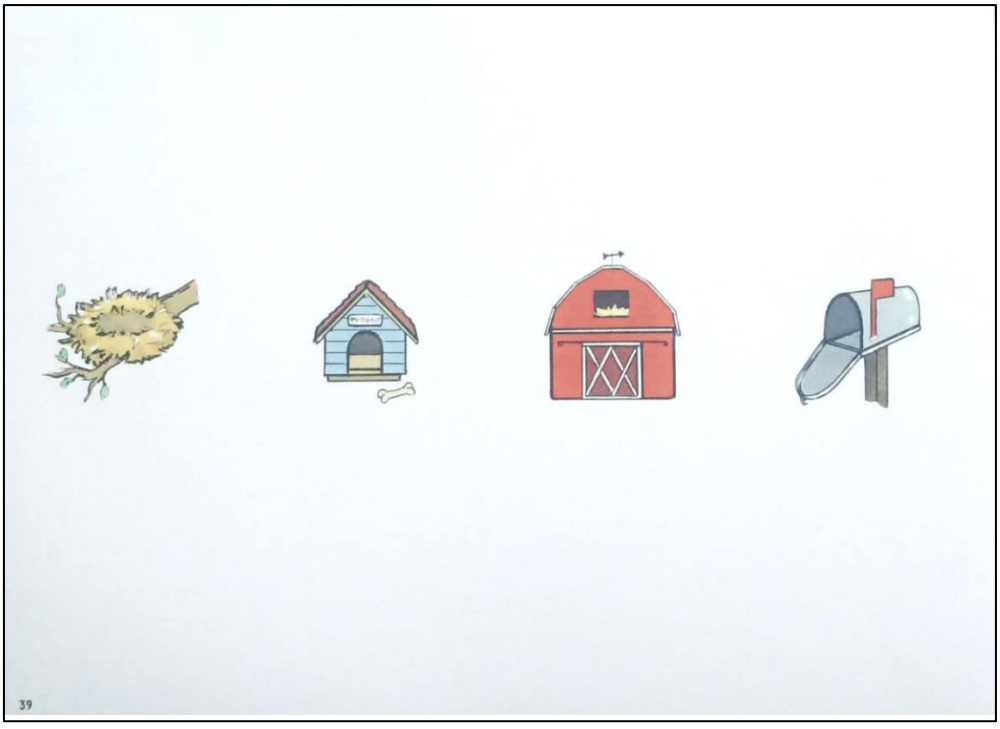


<u>ตัวอย่างแบบทดสอบ ITEM 23</u>

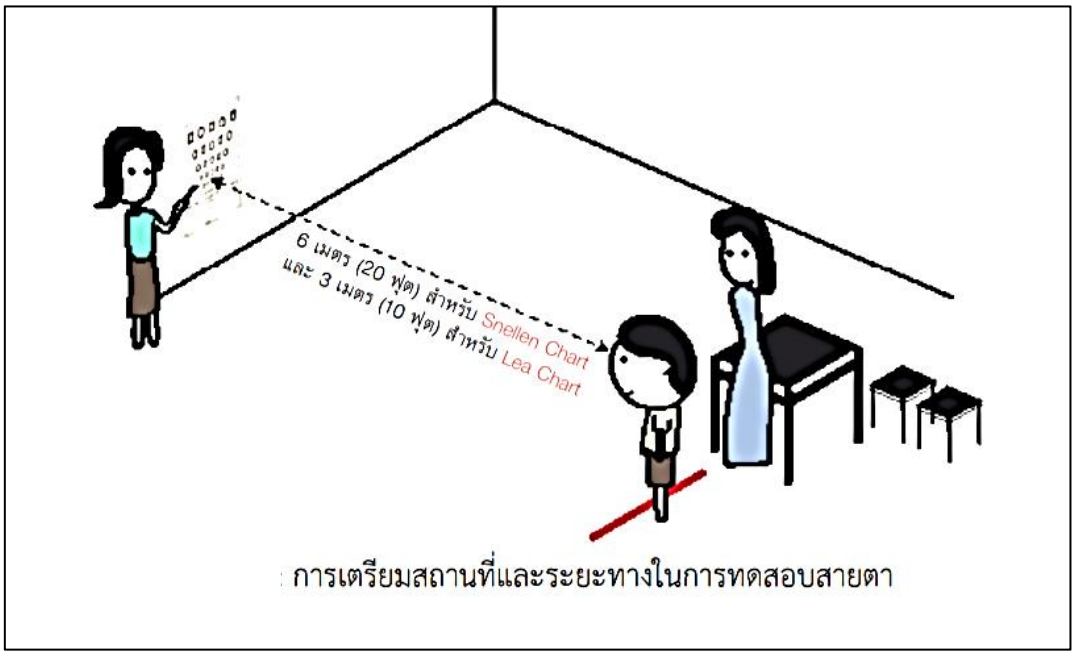
ตัวอย่างแบบทดสอบ ITEM 27



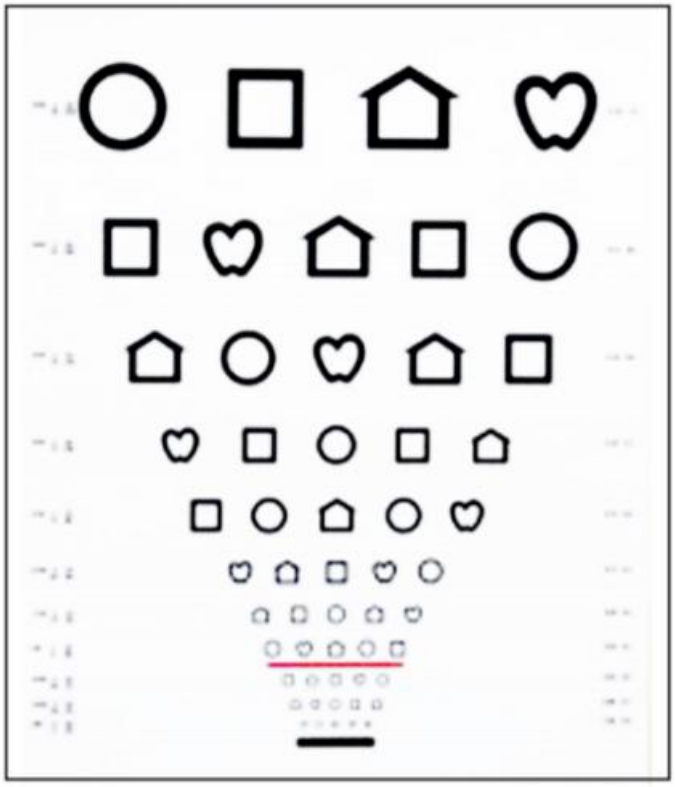
ตัวอย่างแบบทดสอบ ITEM 39



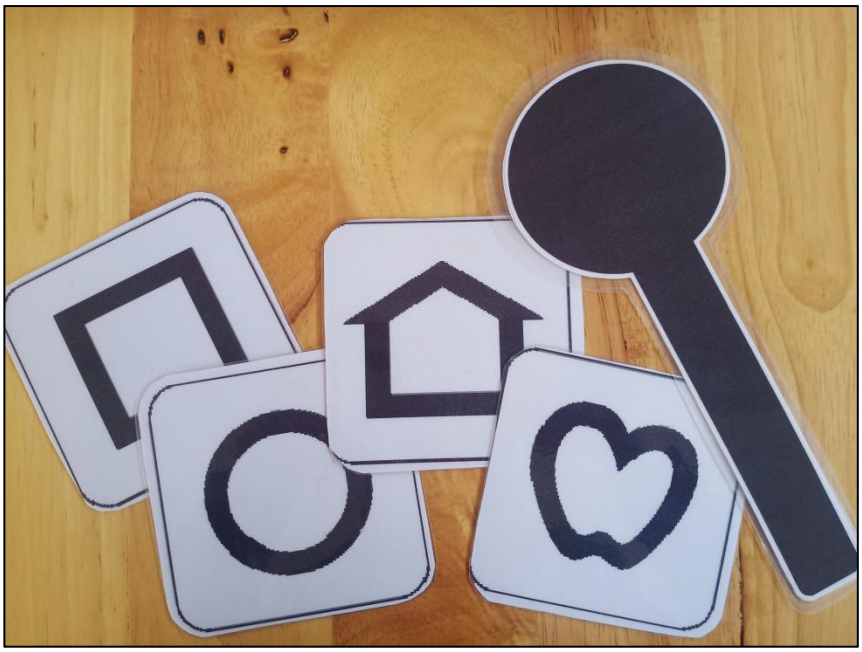
ค - 6 แบบประเมินการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาล โดยใช้ แผ่นทดสอบ Lea Chart (สปสช.)



การเตรียมสถานที่และระยะทางในการทดสอบสายตา

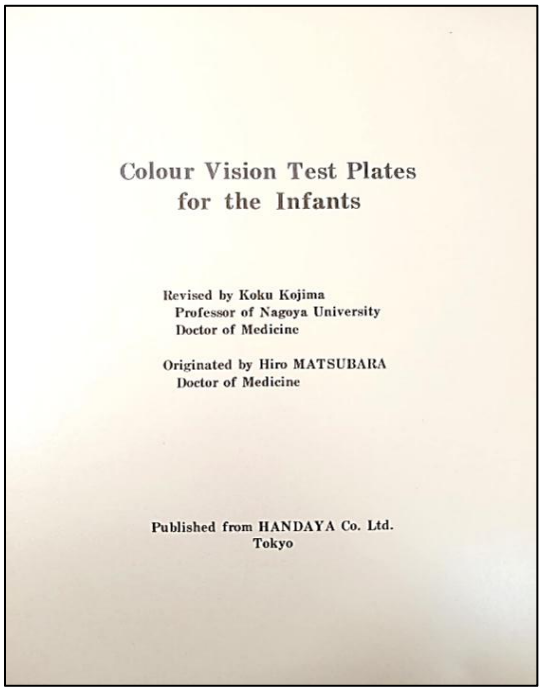


แผ่นทดสอบ Lea Chart



แผ่นภาพ /ไม้บังตา

ค - 7 แบบวัดตาบอดสี (Trusetal Hardy-Rand-Rittler Farbtest : H-R-R Test)



Colour Vision Test Plates
for the Infants

Revised by Koku Kojima
Professor of Nagoya University
Doctor of Medicine

Originated by Hiro MATSUBARA
Doctor of Medicine

Published from HANDAYA Co. Ltd.
Tokyo

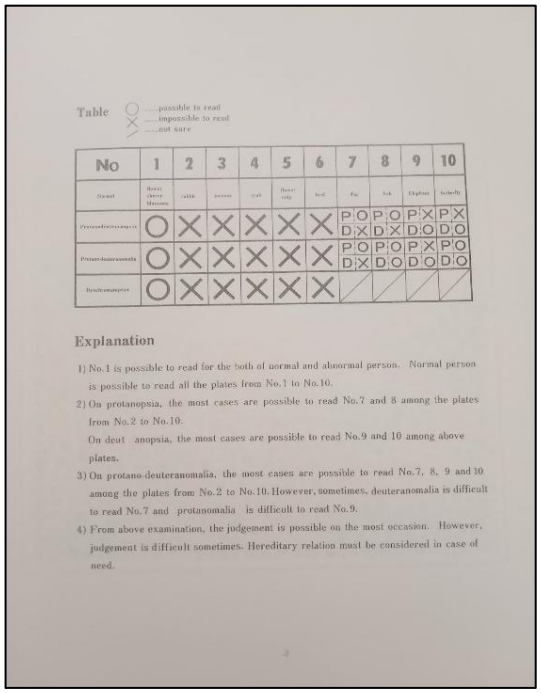
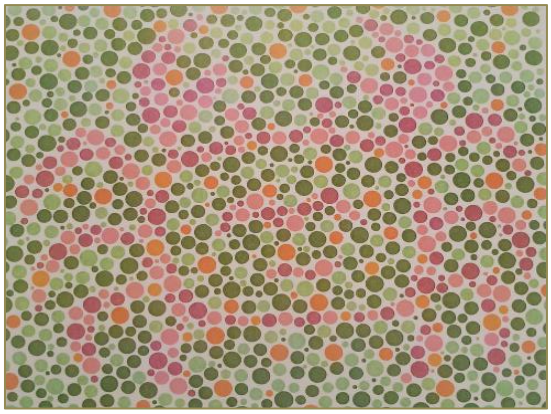


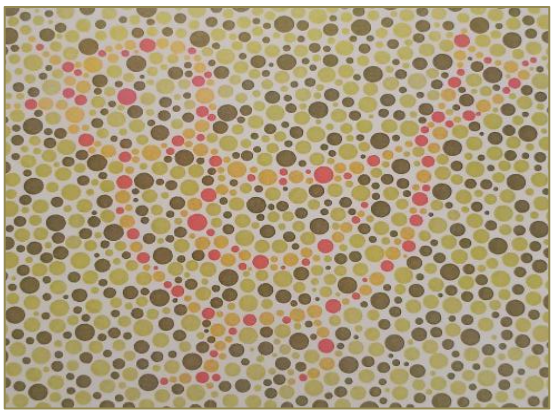
Table ○.....possible to read
×.....impossible to read
／.....not sure

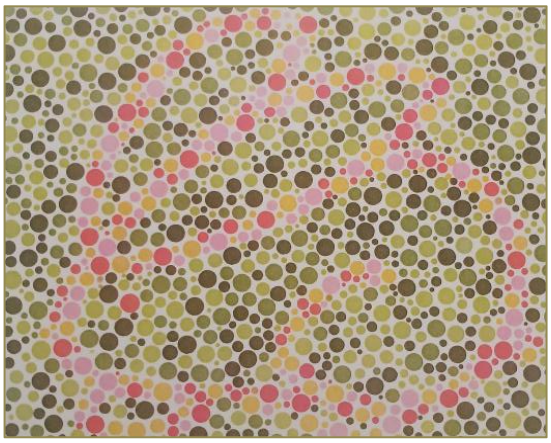
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Normal										
Protanopia	○	×	×	×	×	×	P O D ×	P O D ×	P × D O	P × D O
Protan-deuteranomalia	○	×	×	×	×	×	P O D ×	P O D O	P × D O	P O D O
Deuteranopia	○	×	×	×	×	×	／	／	／	／

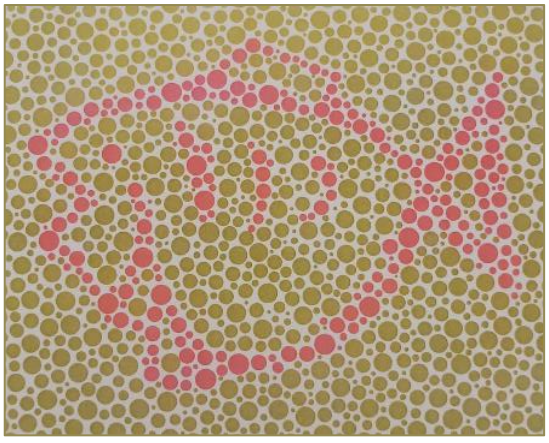
Explanation

1) No.1 is possible to read for the both of normal and abnormal person. Normal person is possible to read all the plates from No.1 to No.10.
2) On protanopsia, the most cases are possible to read No.7 and 8 among the plates from No.2 to No.10.
On deut anopsia, the most cases are possible to read No.9 and 10 among above plates.
3) On protano-deuteranomalia, the most cases are possible to read No.7, 8, 9 and 10 among the plates from No.2 to No.10. However, sometimes, deuteranomalia is difficult to read No.7 and protanomalia is difficult to read No.9.
4) From above examination, the judgement is possible on the most occasion. However, judgement is difficult sometimes. Hereditary relation must be considered in case of need.







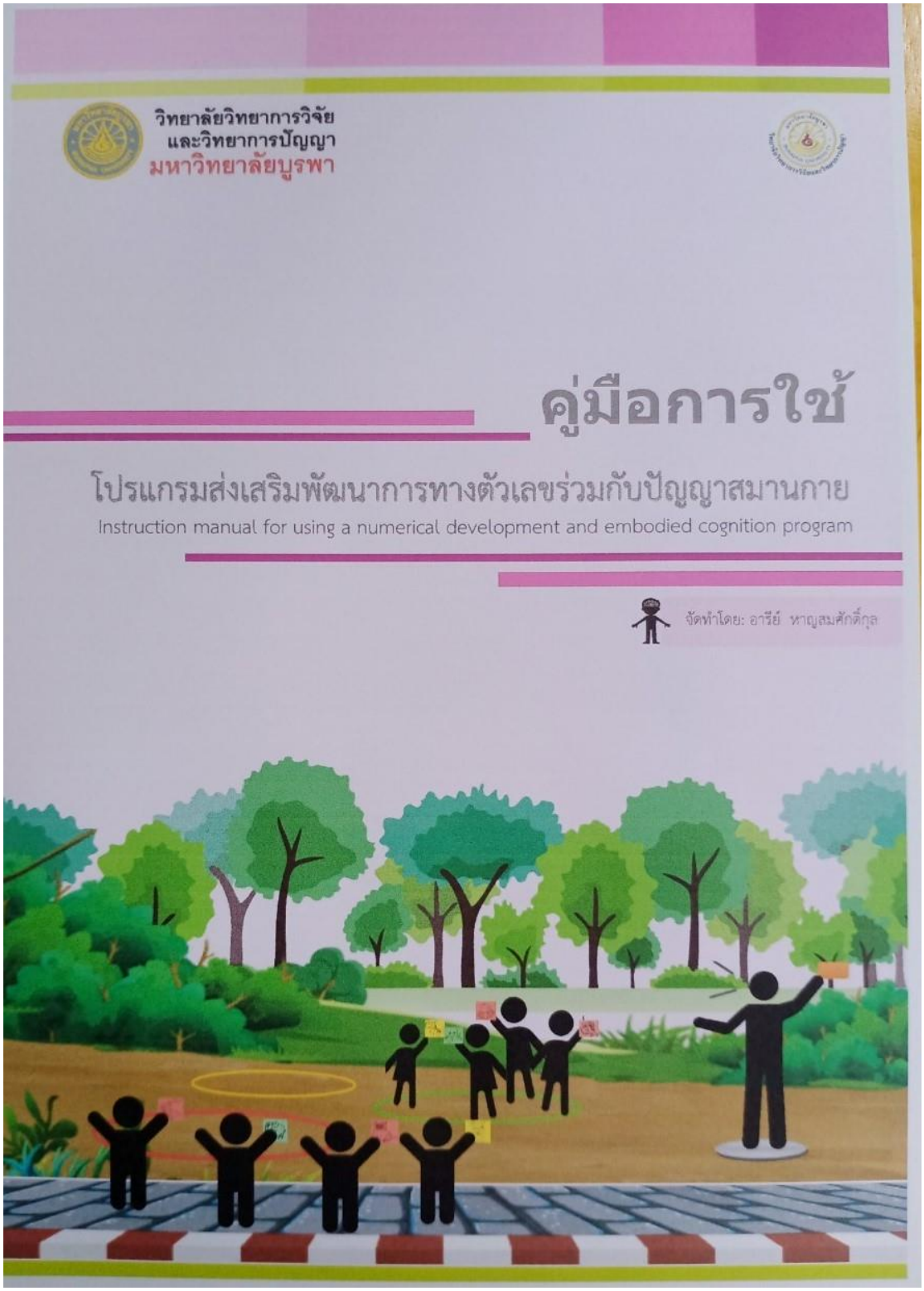


ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ง - 1 คู่มือการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ง - 1 คู่มือการใช้โปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์



คำนำ

การออกแบบและสร้างโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างด้วยหลักการตามแนวคิดพื้นฐาน 3 แนวคิด ที่มีผลการวิจัยรองรับจำนวนมาก ว่าสามารถนำมาใช้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดอย่างได้ผล คือ โมเดลระบบสัญลักษณ์ทั้งสาม (Triple Code Model) ปัญญาทางคณิตศาสตร์ (Numerical Cognition) และ การประยุกต์ใช้ปัญญาสมานกาย (Embodied Cognition) รวมเรียกว่าโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ซึ่งสาระการดำเนินการแต่ละครั้งส่งผลให้เด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์เพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิดได้ดีขึ้น

ขั้นตอนโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย ในการดำเนินกิจกรรมแต่ละครั้ง กำหนด ท่าทาง เวลาของรูปแบบกิจกรรม ตามพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัย และสอดคล้องกับกระบวนการทางปัญญาพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ ได้ 4 กิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the number line : a number recognition activity) สอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแกนด้านจำนวน (Numerical core deficit model) กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a walk to be better at math) สอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบเฉพาะเจาะจงด้านจำนวน (Numerical Domain-specific deficit model) กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก (Classify of geometric shapes) และ กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is it different or identical?) สอดคล้องกับระดับกระบวนการทางปัญญา ด้านโมเดลความบกพร่องแบบทั่วไป (Domain general deficit model) โดยแบ่งออกเป็นกิจกรรมเสริมในกลุ่มกิจกรรมเกมการศึกษา จากกิจกรรมหลัก 4 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดประสบการณ์ แบ่งย่อยออกได้เป็น 20 ครั้ง ใช้เวลา 20 วัน (Hart, Maharaj, & Graziano, 2019, p. 112-133) วันละ 20 นาที ต่อกิจกรรม

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านในการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทที่เป็นอยู่

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล
ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
แผนการดำเนินกิจกรรม	3
การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้	4
แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	5
แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์	12
แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก	18
แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน	23
ภาคผนวก	35
ปรับรูปแบบวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักปฏิบัติในการป้องกันการแพรระบาดของโรคโควิด 19 ในสถานศึกษา	

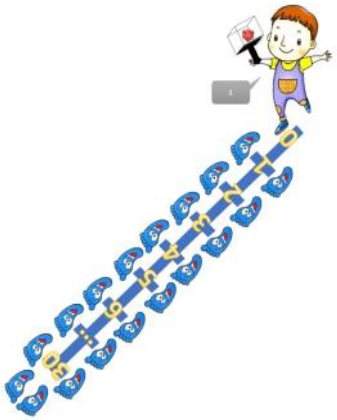
แผนการดำเนินกิจกรรม

การเพิ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น สำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย

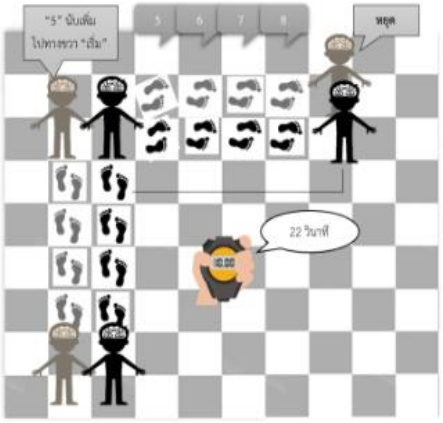
ครั้ง	ช่วงเวลา	กิจกรรม	กระบวนการทางปัญญาที่ตอบสนอง	เวลา
1	10.00-10.40น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	Numerical Core Deficit Model	40
2	10.00-10.40น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	Numerical Domain-Specific Deficit Model	40
3	10.00-10.40น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	Domain-General Deficit Model	40
4	10.00-10.40น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	Domain-General Deficit Model	40
5	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	Numerical Core Deficit Model	20
พัก 2 วัน				
6	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	Numerical Domain-Specific Deficit Model	20
7	10.00-10.20น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	Domain-General Deficit Model	20
8	10.00-10.20น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	Domain-General Deficit Model	20
9	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	Numerical Core Deficit Model	20
10	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	Numerical Domain-Specific Deficit Model	20
พัก 2 วัน				
11	10.00-10.20น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	Domain-General Deficit Model	20
12	10.00-10.20น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	Domain-General Deficit Model	20
13	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	Numerical Core Deficit Model	20
14	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	Numerical Domain-Specific Deficit Model	20
15	10.00-10.20น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	Domain-general deficit model	20
พัก 2 วัน				
16	10.00-10.20น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	Domain-General Deficit Model	20
17	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต	Numerical Core Deficit Model	20
18	10.00-10.20น.	กิจกรรรมเดินคิดคณิตศาสตร์	Numerical Domain-Specific Deficit Model	20
19	10.00-10.20น.	กิจกรรรมคณิตคิดจำแนก	Domain-General Deficit Model	20
20	10.00-10.20น.	กิจกรรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน	Domain-General Deficit Model	20
หยุด				

*การสอนขั้นนำและขั้นสรุปจะใช้ดำเนินการในครั้งแรกที่ปฏิบัติกิจกรรม จึงใช้เวลา 40 นาที ตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ส่วนขั้นดำเนินกิจกรรมจะฝึกซ้ำเวียนจนครบ 4 สัปดาห์ เวลาที่ใช้จึงเหลือเพียง 20 นาที

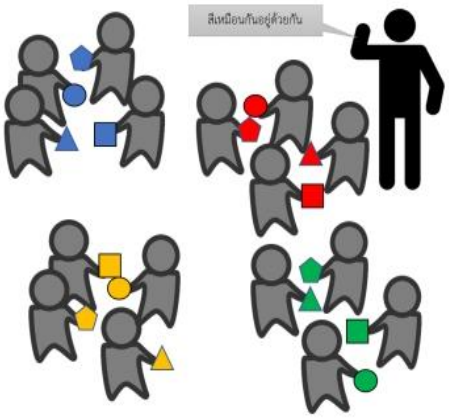
การจัดกิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ตามโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย



กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต



กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์



กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก

กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกัน

แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการคณิตศาสตร์

กิจกรรมเกมการศึกษา เวลา 40 นาที

ครูผู้สอน ..... โรงเรียน.....สพป.....

1. ชื่อกิจกรรม เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line : A Number Recognition Activity)

2. ระดับชั้นอนุบาล ปีที่ 3 **อายุระหว่าง** 5-6 ปี

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) เด็กสามารถประมาณขนาดกลุ่มจำนวนด้วยตาเปล่า

2) เด็กสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับมโนภาพทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก หรือการเพิ่ม การลด หรือการลบ

3) เด็กสามารถฝึกฝนทักษะคณิตศาสตร์พื้นฐานการนับ

4. รูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

นักเรียนฝึกทักษะการสังเกตจากภาพ แล้วประมาณค่าจำนวนที่มองเห็นจากสิ่งของต่าง ๆ ไม่เกิน 10 สิ่ง ปฏิบัติกิจกรรม โดยการกระโดดตามจำนวนที่สุ่มจากลูกเต๋า อ่านออกเสียงตัวเลขฮินดูอารบิก ตั้งแต่ 1 ถึง 30 (จำนวนการโยนลูกเต๋า 5 ครั้ง x แต้มสูงสุดบนลูกเต๋า คือ 6 เท่ากับ 30)

5. สาระการเรียนรู้

สาระที่ควรเรียนรู้

- การประมาณค่าขนากกลุ่มจำนวนที่มองเห็นจากการสิ่งของต่าง ๆ ไม่เกิน 10
- การเปรียบเทียบขนาดกลุ่มจำนวนบนลูกเต๋ากับตัวเลข 1-6

ประสบการณ์สำคัญ

- การนับและแสดงจำนวนของสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน
- การรวมสิ่งต่าง ๆ สองกลุ่ม และบอกจำนวนที่เกิดจากการรวมสิ่งต่าง ๆ สองกลุ่มมีผลรวมไม่เกิน 14
- เปรียบเทียบจำนวนของสิ่งต่าง ๆ สองกลุ่ม มีจำนวนไม่เกิน 14 เช่น เท่ากัน ไม่เท่ากัน มากกว่าน้อยกว่า
- ใช้ภาษาคณิตศาสตร์กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ลำดับที่ รวมทั้งหมด เพิ่มขึ้น แบ่งกัน น้อยลง ลดลง

6. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1) เด็กและครูสนทนาร่วมกันเกี่ยวกับจำนวนที่เด็กพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น ดินสอในกล่องบนโต๊ะครูมีกี่แท่ง แก้วน้ำที่เพื่อนถือมีกี่ใบ (จำนวนที่นำมาเป็นตัวอย่าง ตั้งแต่ 2- 10) แล้วให้เด็กบอกจำนวนทันทีโดยไม่ต้องนับ

2) ครูนำภาพตัวอย่าง เช่น สุนัข/นกฝูงหนึ่ง จำนวนผลไม้ แล้วให้เด็กบอกจำนวนโดยไม่ต้องนับ

ขั้นดำเนินกิจกรรม

3) ครูและเด็กร่วมกันสร้างข้อตกลงในการทำกิจกรรม เช่น การระมัดระวังความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

4) เด็ก ๆ ร่วมกันสังเกตและสนทนาเกี่ยวกับเปรียบเทียบขนาดกลุ่มจำนวนที่อยู่บนลูกเต๋ากับตัวเลข 1-6

5) ครูแนะนำวิธีการเล่นเกม ดังนี้

(1) เด็กเขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนครั้งที่ต้องกระโดด (เส้นเทปจำนวน กำหนดหมายเลข 0 เป็นจุดเริ่มต้น กระโดดแรกเริ่มที่หมายเลข 1 จนถึงหมายเลข 30 บนเส้น)

(2) เด็กเริ่มกระโดดเท้าคู่ตามเส้นบรรทัดจำนวน ตามจำนวนที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋า

(3) เด็กขานเลขที่ได้จากการเขย่าลูกเต๋าก่อนกระโดดบนเลขบรรทัดจำนวน เมื่อกระโดดครบจำนวนที่ได้แล้ว เด็กพูดหมายเลขบนเส้นบรรทัดจำนวนที่ไปหยุด ครูบันทึกผลความถูกต้องของเกม หากเด็กตอบตัวเลขผิด ให้ลองตอบอีกครั้ง หากยังผิดอยู่ ให้ครู และเพื่อนในห้องช่วยกันเฉลย

(4) เด็กเขย่าลูกเต๋าในกล่องใส เพื่อสุ่มจำนวนกระโดด จนครบ 5 ครั้ง ครูบันทึกผลความถูกต้องของเกมทุกครั้ง

ขั้นสรุป

6) ครูให้ตัวแทนเด็กเลือกหยิบผลไม้ใส่ตะกร้า แล้วให้เพื่อนร่วมกันตอบจำนวนของผลไม้ในตะกร้า โดยครูสังเกตการตอบคำถามของเด็กหลังจากกิจกรรมร่วมกัน

7) เด็กและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกลุ่มจำนวนที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1) เส้นบรรทัดจำนวน

2) ลูกเต๋าในกล่องใส

3) ตะกร้าผลไม้จำลอง

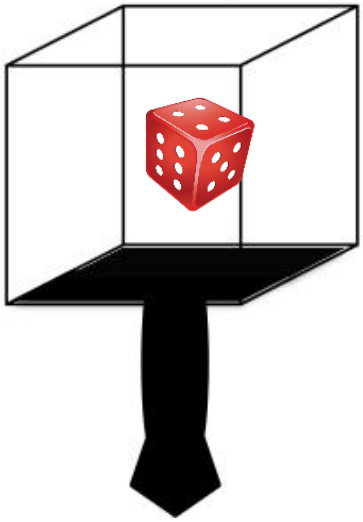
4) ภาพฝูงสุนัข, ภาพนกฝูงหนึ่ง, ภาพผลไม้

8. การประเมินผล

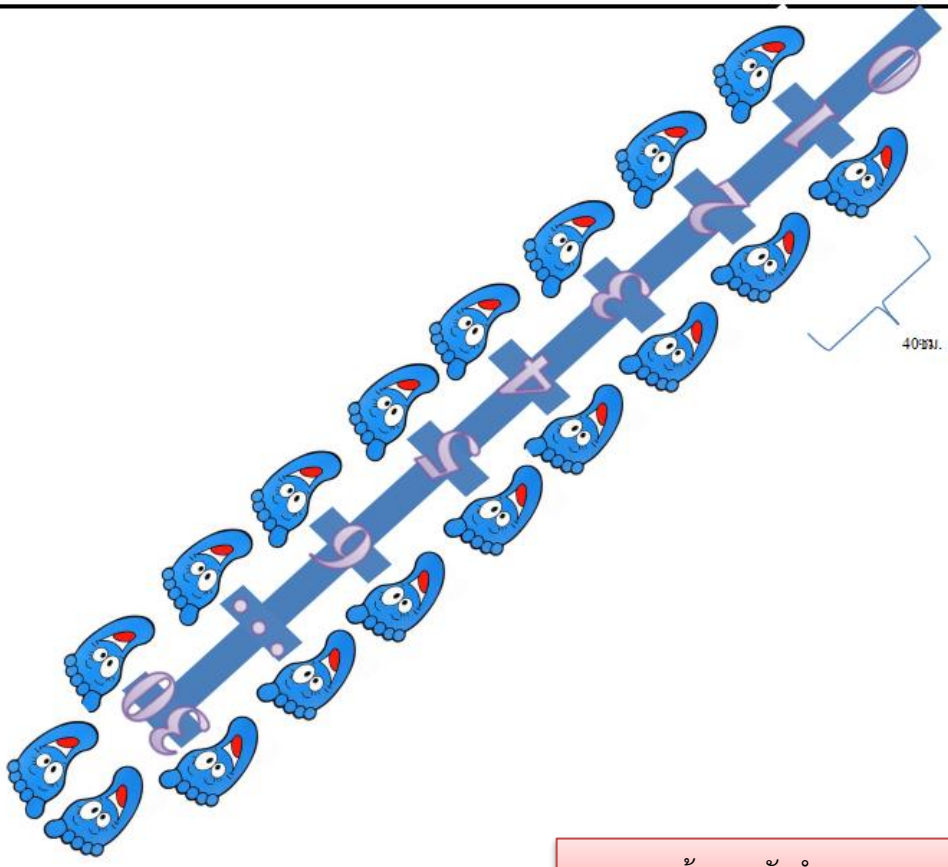
1) การสังเกตจากการตอบคำถาม

2) การสังเกตจากความถูกต้องของเกม

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต



ลูกเต๋าในกล่องใส



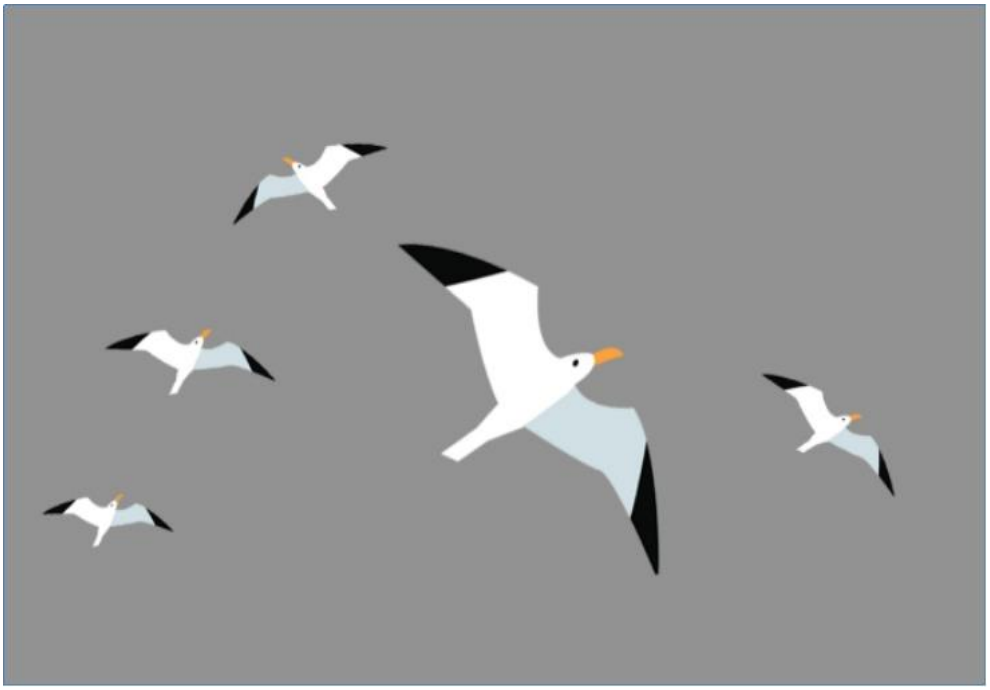
เส้นบรรทัดจำนวน

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต

ตัวอย่างภาพฝูงสุนัข

8

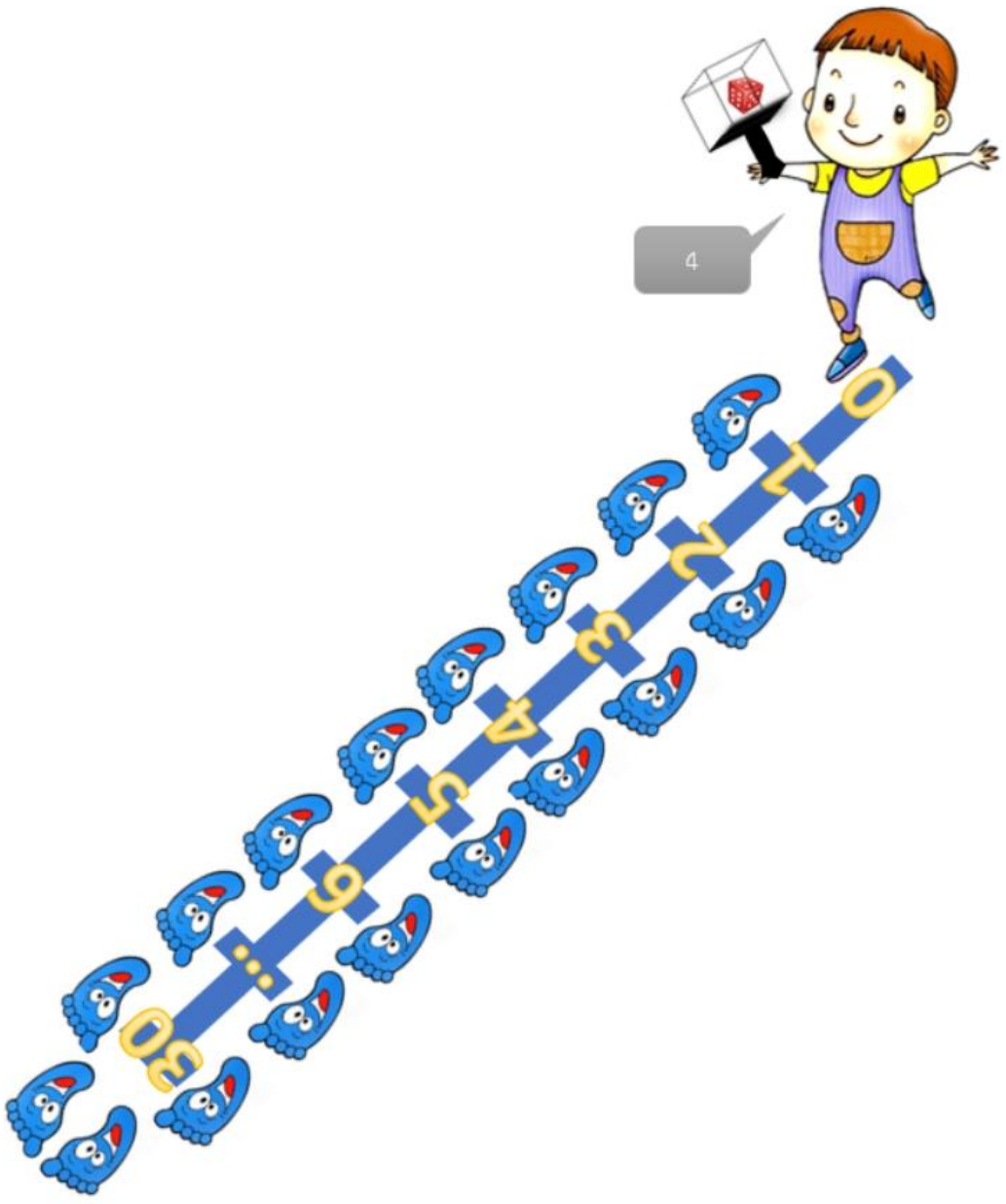
สื่อการเรียนรู้กิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต



ตัวอย่างภาพฝูงนก/ผลไม้

9

ตัวอย่างกิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต



แบบประเมินพัฒนาการกิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต

การประเมินครั้งที่..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	การขานเลขจากลูกเต๋า						การกระโดด					
		1	2	3	4	5	รวม	1	2	3	4	5	รวม

หมายเหตุ

ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติได้ถูกต้อง

ใส่เครื่องหมาย ✗ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติไม่ถูกต้อง

*ใช้ประเมินพัฒนาการในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในงานวิจัย

แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการคณิตศาสตร์

กิจกรรมเกมการศึกษา เวลา 40 นาที

ครูผู้สอน ..... โรงเรียน.....สพป.....

1. ชื่อกิจกรรม เดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

2. ระดับชั้นอนุบาล ปีที่ 3 **อายุระหว่าง** 5-6 ปี

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) เด็กมีมโนภาพเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เช่น การบวก หรือการเพิ่ม การลดหรือการลบ ฯลฯ

2) เด็กมีทักษะคณิตศาสตร์พื้นฐานการนับ

3) เด็กสามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับวัย

4. รูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

กิจกรรมนี้เป็นการจัดประสบการณ์เรียนรู้เพื่อให้เด็กนักเรียนรู้จักตำแหน่ง ร่วมกับการเรียนรู้ความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริงบอกจำนวนโดยการนับ นับปากเปล่าจาก 1-10, นับถอยหลัง 10-1 และนับปากเปล่าจาก 1-20

5. สาระการเรียนรู้

สาระที่ควรเรียนรู้

การบวก หรือการเพิ่ม การลดหรือการลบ

ประสบการณ์สำคัญ

- การสังเกตลักษณะส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างเหมาะสม

- การรวมและการแยกสิ่งต่าง ๆ

- การรวมสิ่งต่าง ๆ สองกลุ่ม และบอกจำนวนที่เกิดจากการรวมสิ่งต่าง ๆ สองกลุ่มมีผลรวมไม่เกิน 14

- การแยกกลุ่มออกจากกลุ่มใหญ่และบอกจำนวนที่เหลือ เมื่อแยกกลุ่มย่อยที่มีจำนวนไม่เกิน 14

- เรียงลำดับที่ของสิ่งต่าง ๆ ไม่เกิน 5 สิ่ง

- ใช้ภาษาคณิตศาสตร์กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ลำดับที่ รวมทั้งหมด เพิ่มขึ้น แบ่งกัน น้อยลง ลดลง

6. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1) เด็กและครูสนทนาร่วมกันเกี่ยวกับการก้าวเดินโดยฟังสัญญาณจากครู เช่น สัญญาณเคาะแทมโบรีน ก้าวเดินไปข้างหน้านับ 1 – 20, สัญญาณฉิ่ง ก้าวเดินไปทางซ้าย นับถอยหลัง 10-1, สัญญาณนกหวีด ก้าวเดินไปทางขวา นับ 1 – 10 ฯลฯ

ขั้นดำเนินกิจกรรม

2) ครูและเด็กร่วมกันสร้างข้อตกลงในการทำกิจกรรม เช่น การระมัดระวังความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

3) ครูแนะนำวิธีการเล่นเกม ดังนี้ ครูพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ เพื่อที่จะดำเนินการทิศทางของการเคลื่อนไหวให้ส่งสัญญาณเริ่ม ทันทีหลังจากสัญญาณไปตัวอย่าง เช่น เด็กเลี้ยวขวาแล้วเดินต่อไป (22 วินาที) เมื่อครบกำหนดเวลา ครูทวนหมายเลขเริ่มต้น แล้วให้เด็กพูดผลลัพธ์ของการคำนวณแต่ละครั้ง

4) การเริ่มเล่น เมื่อครูและเด็กยืนตรงจุดเริ่มต้น1 ครูให้สัญญาณ “เริ่ม” ทั้งคู่เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด (ในช่วงเริ่มต้นของการทำกิจกรรมแต่ละครั้งครูและเด็กเดินใกล้กันตามเส้นทางตรง เพื่อสังเกตเด็กขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง)

5) ครูพูดหมายเลขเริ่มต้นดัง ๆ บอกวิธีการคำนวณ “2” นับเพิ่ม ไปทางขวา “เริ่ม” ครูทวนหมายเลขเริ่มต้น เด็กพูดผลลัพธ์ของการคำนวณ ครูให้สัญญาณ “เริ่ม” แล้วทวนหมายเลขสุดท้ายของครั้งที่แล้วก่อนเริ่มการเดิน

ครั้งที่ 1 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 2 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 2 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 3 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 3 นับเพิ่มทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 4 นับเพิ่ม ไปทางขวา (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

6) ครูสั่งให้ไปที่จุดเริ่มต้น2 ครูให้สัญญาณ “เริ่ม” ทั้งคู่เดินตรงไปข้างหน้านับ 1-2-3-4-.....20 แล้วให้สัญญาณหยุด (ในช่วงเริ่มต้นของการทำกิจกรรมแต่ละครั้งครูและเด็ก เดินใกล้กันตามเส้นทางตรง เพื่อสังเกตเด็กขณะเปลี่ยนตำแหน่งในระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง)

ครั้งที่ 4 นับลดทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 8 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 5 นับลดทีละ 1 <u>คำสั่ง</u> ▶ 10 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด (นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ครั้งที่ 6 นับลดทีละ 1 คำสั่ง ▶ 12 นับลดไปทางซ้าย (22 วินาที) /หยุด

(นักเรียนทวนตัวเลขสุดท้าย)

ขั้นสรุป

7) ครูและเด็กร่วมกันร้องเพลงเคลื่อนไหวนับเลข

เนื้อเพลง เคลื่อนไหวนับเลข

คำร้อง/ทำนอง กัมปนาท โนนศรี

ชูมือขึ้นนับ 1 2 3	กางแขนออกนับ 4 5 6
ปรบมือไปทางซ้ายและขวา	เด็ก ๆ จำนับ 7 8 9
กระโดดขึ้นหน้านับ 10 ฮูเล ฮูเล ฮูเล	ฮา ฮา ฮา
ฮูลา ฮูลา ฮูลา เฮ เฮ เฮ	หมุนตัวไปมาแล้วเริ่มนับใหม่

8) ครูพูดคุยกับเด็กเกี่ยวกับประโยชน์ของการนับเลขมีอะไรบ้าง การเคลื่อนไหวตามการนับและเมื่อได้ยินสัญญาณหยุด ให้หยุดเคลื่อนไหว การฟังคำสั่งและปฏิบัติตามที่ได้ตกลงกันไว้ มีผลดีอย่างไร

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1) นาฬิกาจับเวลา

2) แผ่นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 8x8 เมตร (ช่องละ 40 เซนติเมตร) หรือ ตีตารางบนพื้นราบด้ายเทปกาวย่นขนาด 1 นิ้ว

3) อุปกรณ์ให้สัญญาณ เช่น แทมโบรีน ฉิ่ง นกหวีด ฯลฯ

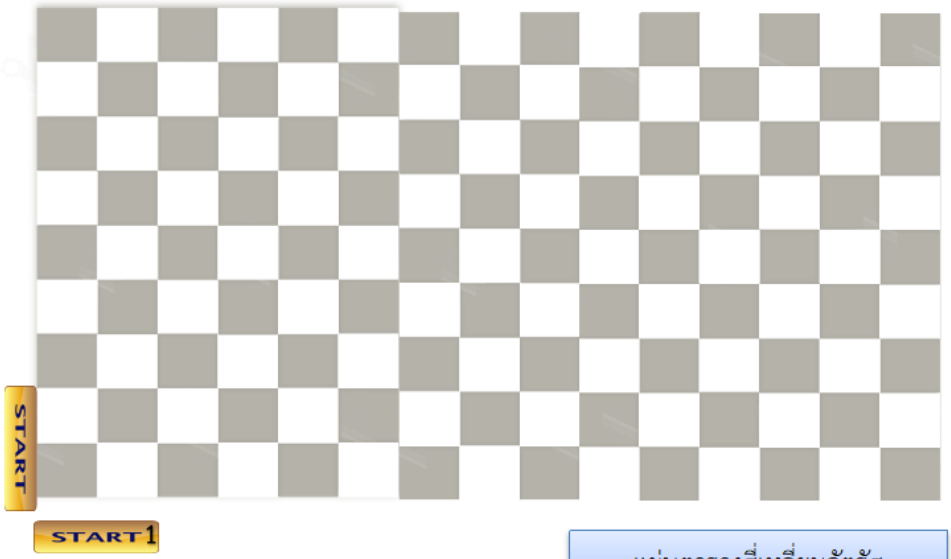
8. การประเมินผล

1) การสังเกตจากการตอบคำถาม

2) การสังเกตจากความถูกต้องของเกม

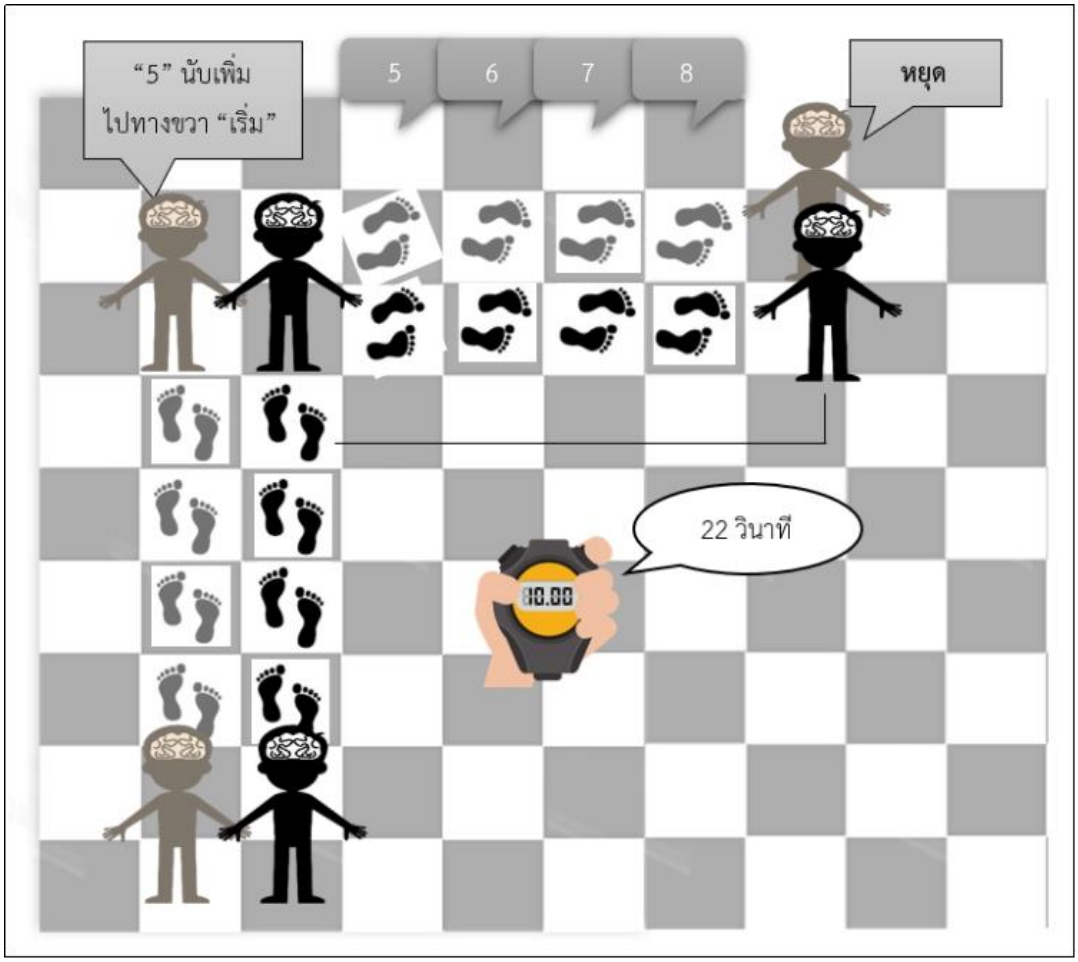
สื่อการเรียนรู้กิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์

นาฬิกาจับเวลา



แผ่นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ตัวอย่างกิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์



แบบประเมินพัฒนาการกิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์

การประเมินครั้งที่..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	การนับเลข							ทิศทางการเดิน						
		1	2	3	4	5	6	รวม	1	2	3	4	5	6	รวม

หมายเหตุ

ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติได้ถูกต้อง

ใส่เครื่องหมาย ✗ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติไม่ถูกต้อง

*ใช้ประเมินพัฒนาการในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในงานวิจัย

แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการคณิตศาสตร์

กิจกรรมเกมการศึกษา เวลา 40 นาที

ครูผู้สอน ..... โรงเรียน.....สพป.....

1. **ชื่อกิจกรรม** คณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)
2. **ระดับชั้นอนุบาล** ปีที่ 3 **อายุระหว่าง** 5-6 ปี
3. **จุดประสงค์การเรียนรู้**
   1) เด็กบอกและจำแนกรูปทรงเขาคณิตได้
   2) เด็กบอกและจำแนกสีได้
   3) เด็กสามารถแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับวัย
4. **รูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้**

เด็กได้เรียนรู้ สามารถบอก/แสดงสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่เหมือนหรือคล้ายกับรูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม กิจกรรมนี้เป็นการจัดกิจกรรมโดยครูสนทนาพูดคุยเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตจากเพลง โดยเด็ก ๆ จะได้ความรู้ความเข้าใจหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับ รูปร่างลักษณะ การจำแนกรูปร่างต่าง ๆ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจำแนกและการเปรียบเทียบ ฝึกการการสังเกต การเปรียบเทียบ รูปร่างลักษณะและการแยกสี จากประโยคในบัตรคำสั่ง

5. **สาระการเรียนรู้**

สาระที่ควรเรียนรู้

การจำแนกประเภทรูปร่างเรขาคณิต

ประสบการณ์สำคัญ

- การสังเกตลักษณะส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างเหมาะสม
- การคัดแยก การจัดกลุ่ม และการจำแนกสิ่งต่าง ๆ ตามลักษณะรูปร่างรูปทรง
- การจับคู่การเปรียบเทียบและการเรียงลำดับสิ่งต่าง ๆ ตามลักษณะ ความยาว /ความสูง น้ำหนักปริมาตร

6. **วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

ขั้นนำ

1) ครูและเด็กร่วมกันร้องเพลง “ขนม” พร้อมกับทำท่าประกอบ ขนม ขนม ขนม มีทั้งวงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม รสชาติอร่อยยอดเยี่ยม(ซ้ำ) มีทั้งสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม

2) ครูแจกแผ่นรูปร่างเรขาคณิตให้เด็กคนละ 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วย สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม

ห้าเหลี่ยม คละสี

3) ครูและเด็กร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับรูปร่างเรขาคณิตที่มีอยู่ในเนื้อเพลงโดยใช้คำถาม ดังนี้

คำถามที่ 1 ในเพลงมีขนมรูปร่างอะไรบ้าง (ให้เด็กหยิบแผ่นรูปร่างเรขาคณิตตามที่ตอบขึ้นมา)

คำถามที่ 2 เด็ก ๆ คิดว่านอกจากมีรูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ตามในเพลงแล้ว ยังมีรูปเรขาคณิตอะไรอีกที่เด็ก ๆ เคยเห็นและรู้จัก

ขั้นดำเนินกิจกรรม

4) เด็กและครูร่วมกันจัดเตรียมอุปกรณ์ คือ รูปร่างเรขาคณิตต่าง ๆ สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ห้าเหลี่ยม

5) เด็ก ๆ ร่วมกันบอกชื่อรูปร่างเรขาคณิตทั้ง 4 แบบ บอกสีของรูปร่างเรขาคณิต

6) ครูและเด็กร่วมกันสร้างข้อตกลงในการทำกิจกรรม เช่น การระมัดระวังความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

7) ครูอธิบายวิธีการเล่นครูแนะนำวิธีการเล่นเกม ดังนี้ กติกาการการแบ่งประเภทโดยเกณฑ์ในการแบ่งมี 4 ข้อดังนี้

(1) สีเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(2) สีต่างกันอยู่ด้วยกัน

(3) รูปร่างเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

(4) รูปร่างต่างกันอยู่ด้วยกัน

8) ครูขานคำสั่งทั้ง 4 ข้อ วนซ้ำ 4 ครั้ง บันทึกผล

ขั้นสรุป

9) เด็กและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับรูปร่างเรขาคณิตต่าง ๆ ที่เคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน

แนวคำถาม เด็ก ๆ เคยเห็นรูปวงกลมแบบนี้ที่ไหนพร้อมยกตัวอย่างมาคนละ 1อย่าง

แนวคำตอบ เคยเห็นที่บ้าน/โรงเรียน เหมือนนาฬิกา, ลูกบอล, จานข้าว เป็นต้น

แนวคำถาม เด็ก ๆเคยเห็นรูปสี่เหลี่ยมมุมแบบนี้ที่ไหนพร้อมยกตัวอย่างมาคนละ 1อย่าง

แนวคำตอบ เคยเห็นที่บ้าน/โรงเรียน/ร้านค้า เหมือนทีวี, โต๊ะเรียน, กล่องใส่ขนม เป็นต้น

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

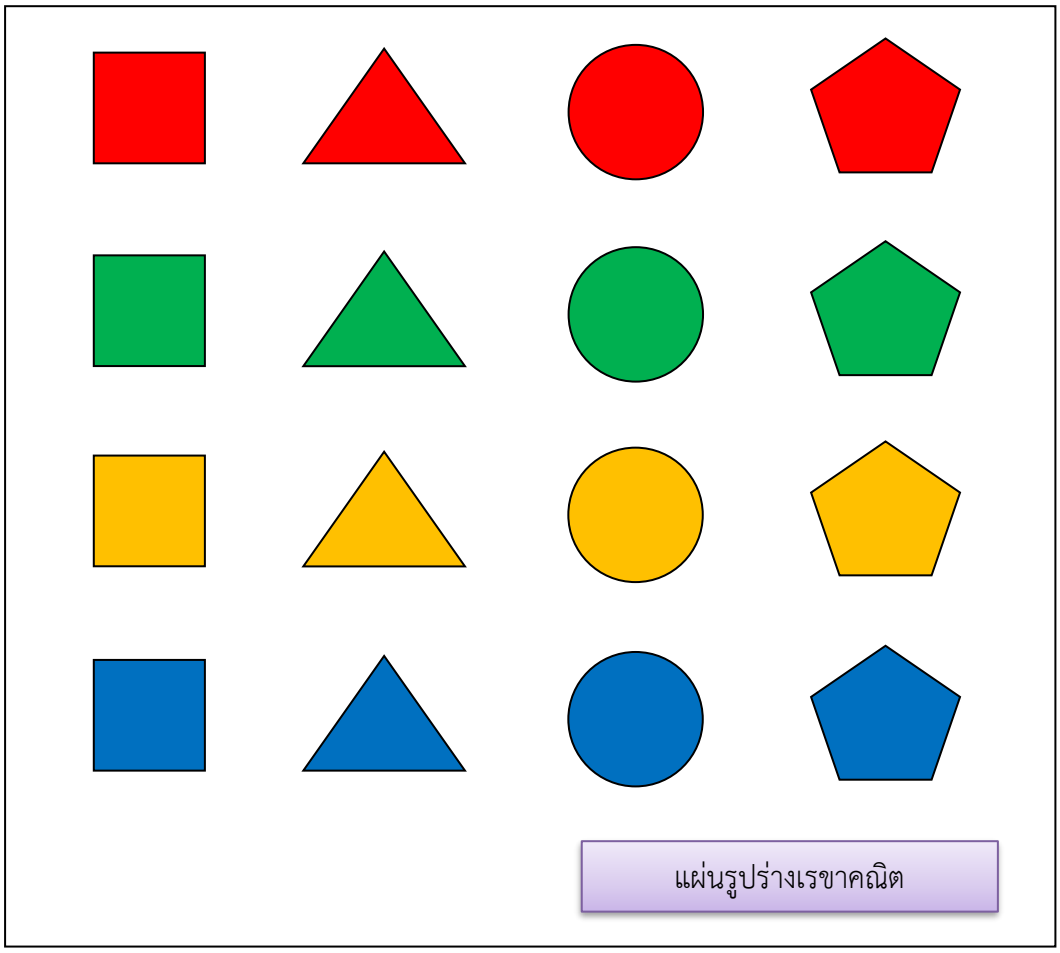
1) แผ่นโฟมยางรูปร่างเรขาคณิต (สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม ห้าเหลี่ยม รูปทรงละ 4 สี คือ แดง เขียว เหลือง น้ำเงิน)

8. การประเมินผล

1) การสังเกตจากการตอบคำถาม

2) การสังเกตจากความถูกต้องของเกม

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมคณิตคิดจำแนก

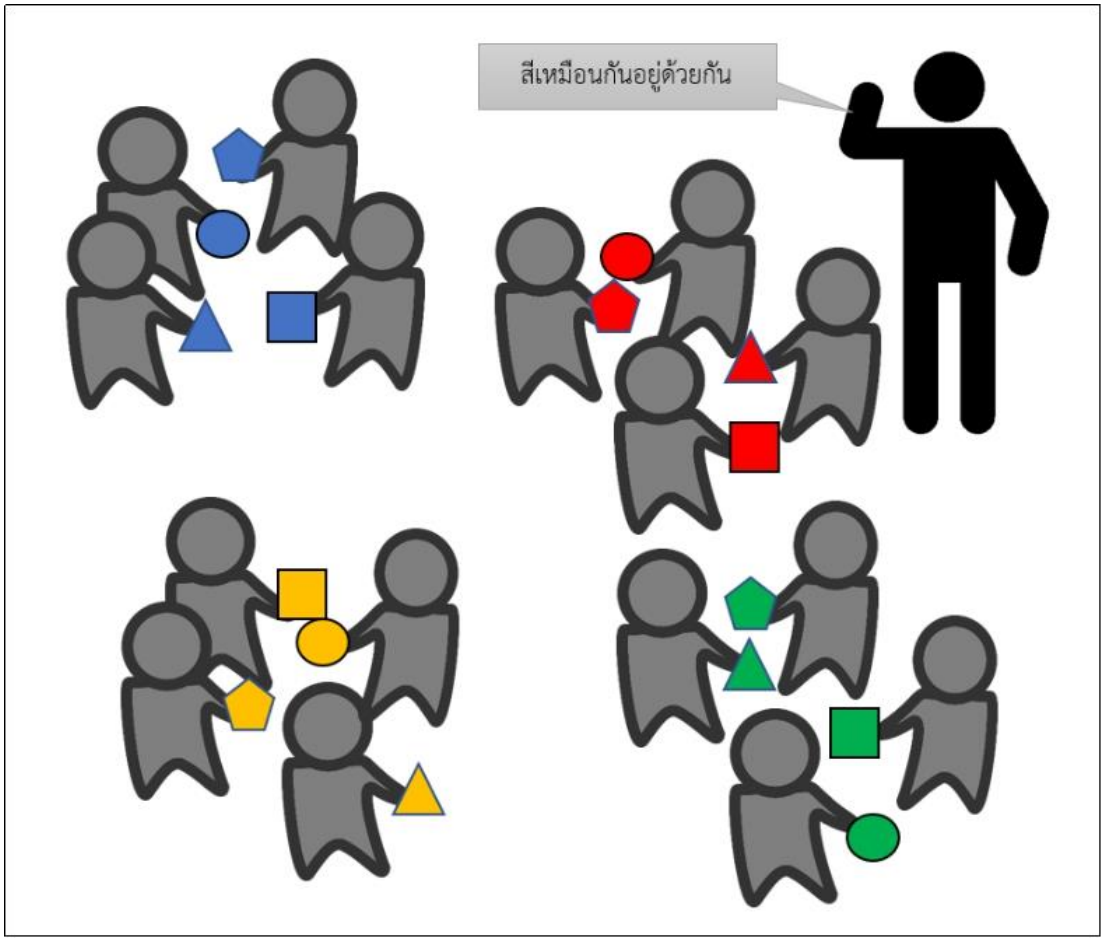


แผ่นรูปร่างเรขาคณิต

*ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูปวงกลม ไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

*ขนาดเส้นแกนของรูปอื่น ๆ ไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

ตัวอย่างกิจกรรมคณิตคิดจำแนก



แบบประเมินพัฒนาการกิจกรรมคณิตคิดจำแนก

การประเมินครั้งที่..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	การขานคำสั่ง																รวม
		รอบที่ 1				รอบที่ 2				รอบที่ 3				รอบที่ 4				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	

หมายเหตุ

ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติได้ถูกต้อง

ใส่เครื่องหมาย ✗ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติไม่ถูกต้อง

*ใช้ประเมินพัฒนาการในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในงานวิจัย

แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการคณิตศาสตร์

กิจกรรมเกมการศึกษา เวลา 40 นาที

ครูผู้สอน ..... โรงเรียน.....สพป.....

1. ชื่อกิจกรรม แตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

2. ระดับชั้นอนุบาล ปีที่ 3 **อายุระหว่าง** 5-6 ปี

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) เด็กสามารถสังเกต คิดหาเหตุผล แยกประเภท จัดหมวดหมู่ได้
2) เด็กสังเกต บอก และจำแนกสีได้
3) เด็กสามารถแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับวัย

4. รูปแบบของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

เรียนรู้การจำแนกประเภท จากเพลง เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับตนเองและสิ่งแวดล้อม มาใช้ในการตอบคำถาม เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้เหตุผลในการจำแนกประเภทสัตว์น้ำและสัตว์บก

5. สาระการเรียนรู้

สาระที่ควรเรียนรู้

สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเด็ก

ประสบการณ์สำคัญ

- การสังเกตลักษณะส่วนประกอบการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างเหมาะสม
- การคัดแยก การจัดกลุ่ม และการจำแนกสิ่งต่าง ๆ ตามลักษณะรูปร่างรูปทรง
- การจับคู่การเปรียบเทียบและการเรียงลำดับสิ่งต่าง ๆ ตามลักษณะ ความยาว /ความสูง น้ำหนักปริมาตร

6. วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1) นักเรียนและครูร่วมกันร้องเพลงและทำท่าทางประกอบเพลงเสียงลูกสัตว์

เพลง เสียงลูกสัตว์

คำร้อง/ทำนอง กัมปนาท โนนศรี

มาพวกเรามาฟังเสียงลูกสัตว์ สารพัดเสียงร้องมากมาย
เหมียว เหมียว เหมี่ยว เสียงแมวตัวลาย วัวตัวใหญ่ร้อง ม้อ มอ มอ

เจ้าหมูตัวอ้วนร้อง อูด อู๊ด อูด เป็ดเดินมาร้อง ก้าบ ก๊าบ ก้าบ

เจ้าหมาเห่า โฮ่ง โฮ่ง โฮ่ง โฮ่ง นั่นเจ้าไก่โต้งขัน เอ้กอี้เอ้กเอ้ก

เหมียวๆ มอ ๆ อู๊ด ๆ ก๊าบๆ โฮ่ง ๆ เอ้กอี้เอ้กเอ้ก.....(ซ้ำ 2 ครั้ง)

2) ครูตั้งคำถามจากเนื้อเพลง

คำถาม จากเนื้อเพลงนักเรียนคิดว่าเพลงนี้เป็นเพลงเกี่ยวกับอะไร

แนวคำตอบ เสียงร้องของสัตว์, สัตว์ร้อง

คำถาม มีสัตว์ชนิดใดบ้างในเพลงนี้

แนวคำตอบ แมว วัว หมู เป็ด หมา ไก่

คำถาม สัตว์เหล่านี้กำลังทำอะไร

แนวคำตอบ ส่งเสียงร้อง

3) ครูถามเกี่ยวกับประสบการณ์เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับชนิดของสัตว์ต่าง ๆ จำแนกเป็นสัตว์บกและสัตว์น้ำ ที่นักเรียนรู้จัก ให้เด็กดูภาพโดยตั้งคำถาม

คำถาม ภาพนี้เป็นสัตว์ชนิดใดอะไร (ครูชูภาพบัตรรูปสัตว์น้ำและบัตรรูปสัตว์บกสลับกัน)

แนวคำตอบ เด็ก ๆ ร่วมกันบอกชื่อและแยกประเภทสัตว์น้ำทั้ง 5 ชนิด สัตว์บกทั้ง 5 ชนิด (ตอบตามบัตรภาพที่ครูชูขึ้น)

ขั้นดำเนินกิจกรรม

4) เด็กและครูร่วมกันจัดเตรียมอุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

(1) บัตรรูปสัตว์น้ำ จำนวน 5 ชนิด คือ ปลา หอย ปู กุ้ง หมึก ชนิดละ 3 สี คือ

- ▶ปลาสีแดง ปลาสีเขียว ปลาสีเหลือง
- ▶หอยสีแดง หอยสีเขียว หอยสีเหลือง
- ▶ปูสีแดง ปูสีเขียว ปูสีเหลือง
- ▶กุ้งสีแดง กุ้งสีเขียว กุ้งสีเหลือง
- ▶หมึกสีแดง หมึกสีเขียว หมึกสีเหลือง

(2) บัตรรูปสัตว์บก จำนวน 5 ชนิด คือ กระต่าย สุนัข หมู แมว ไก่ ชนิดละ 3 สี

- ▶กระต่ายสีแดง กระต่ายสีเขียว กระต่ายสีเหลือง
- ▶สุนัขสีแดง สุนัขสีเขียว สุนัขสีเหลือง
- ▶หมูสีแดง หมูสีเขียว หมูสีเหลือง
- ▶แมวสีแดง แมวสีเขียว แมวสีเหลือง
- ▶ไก่สีแดง ไก่สีเขียว ไก่สีเหลือง

(3) บัตรคำสั่ง จำนวน 24 ใบ ซึ่งในบัตรคำสั่ง มีดังนี้

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว

▶ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

5) ครูและเด็กร่วมกันสร้างข้อตกลงในการทำกิจกรรม เช่น การระมัดระวังความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น

6) ครูอธิบายวิธีการเล่นครูแนะนำวิธีการเล่นเกม ดังนี้

(1) เมื่อเริ่มเล่นให้นักเรียนยืนหลังเส้น

(2) ครูสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นมาขานคำสั่ง ทีละใบ

(3) นักเรียนปฏิบัติตามใบคำสั่ง ครูตรวจสอบความถูกต้องจดบันทึกผล

(4) นักเรียนกลับยืนหลังเส้นทุกครั้ง เมื่อครูสุ่มหยิบบัตรคำสั่งขึ้นมาขานคำสั่ง

(5) ดำเนินกิจกรรมจนครบเวลา 20 นาที

ขั้นสรุป

6) เด็กและครูร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการจำแนกประเภทสัตว์น้ำและสัตว์บก

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1) บัตรรูปสัตว์น้ำ จำนวน 5 ชนิด คือ ปลา หอย ปู กุ้ง หมึก ชนิดละ 3 สี

2) บัตรรูปสัตว์บก จำนวน 5 ชนิด คือ กระต่าย สุนัข หมู แมว ไก่ ชนิดละ 3 สี

3) บัตรคำสั่ง จำนวน 24 ใบ

4) วงกลม 3 วง จำนวน 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง สีเขียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร

5) เส้นจุดเริ่มต้น ยาว 3 เมตร

8. การประเมินผล

1) สังเกตการตอบคำถาม

2) การสังเกตจากความถูกต้องของการเล่นเกม

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

บัตรรูปสัตว์น้ำ

*บัตรขนาด 10X 10 เซนติเมตร

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

บัตรรูปสัตว์บก

*บัตรขนาด 10X 10 เซนติเมตร

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีแดง	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเขียว
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำอยู่ในวงกลมสีเหลือง	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว

บัตรคำสั่ง

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์น้ำสีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีแดง

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเขียว

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกอยู่ในวงกลมสีเหลือง

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บกสีแดงอยู่ในวงกลมสีแดง

บัตรคำสั่ง

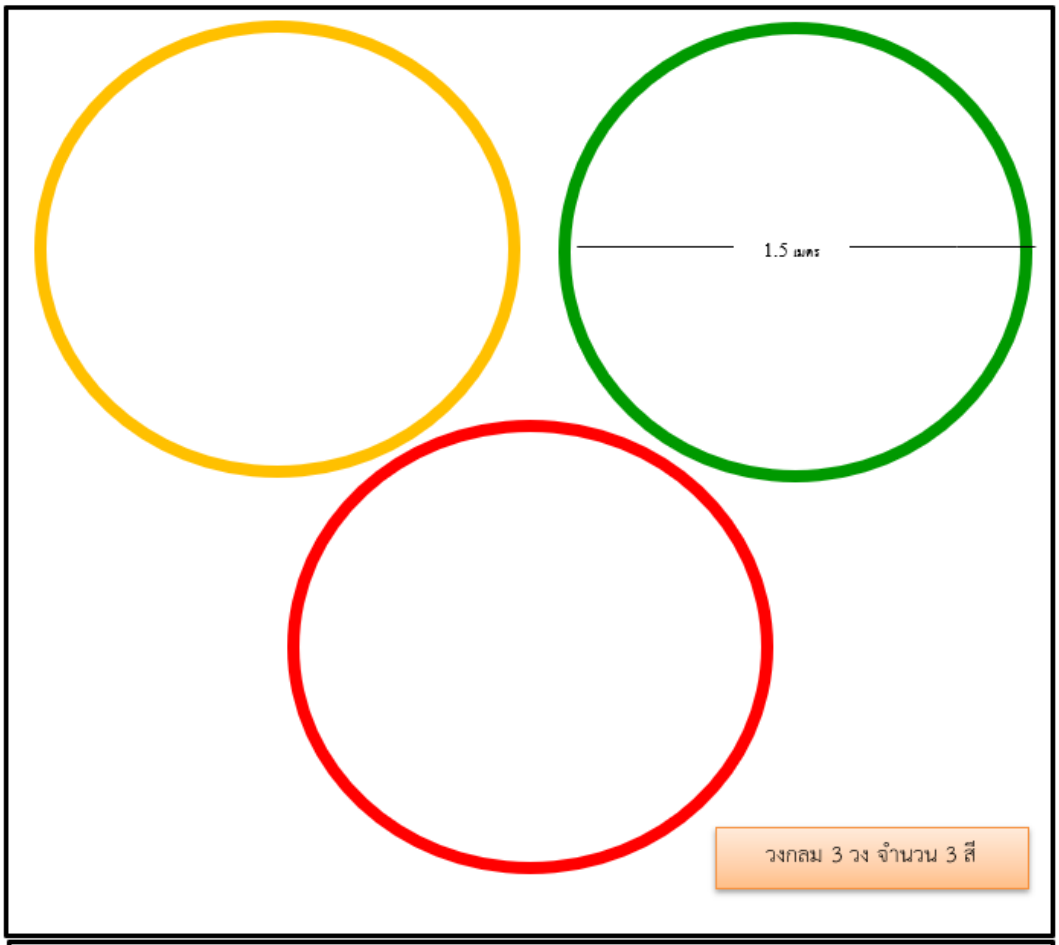
30

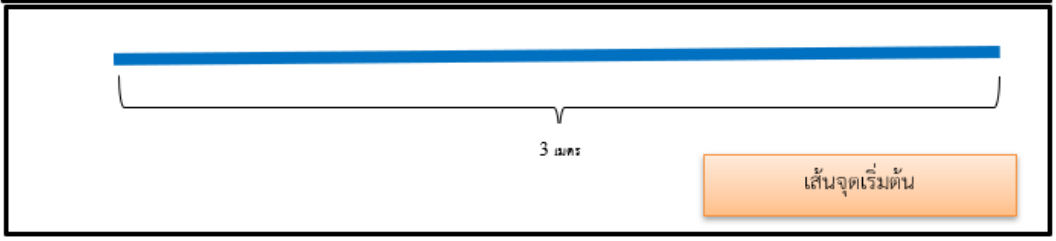
สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีแดงอยู่ในวงกลมสีเขียว	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีแดงอยู่ในวงกลมสีเหลือง
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเขียวอยู่ในวงกลมสีแดง	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเขียวอยู่ในวงกลมสีเขียว
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเขียวอยู่ในวงกลมสีเหลือง	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเหลืองอยู่ในวงกลมสีแดง
ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเขียว	ให้คนที่ได้บัตรรูปสัตว์บก สีเหลืองอยู่ในวงกลมสีเหลือง

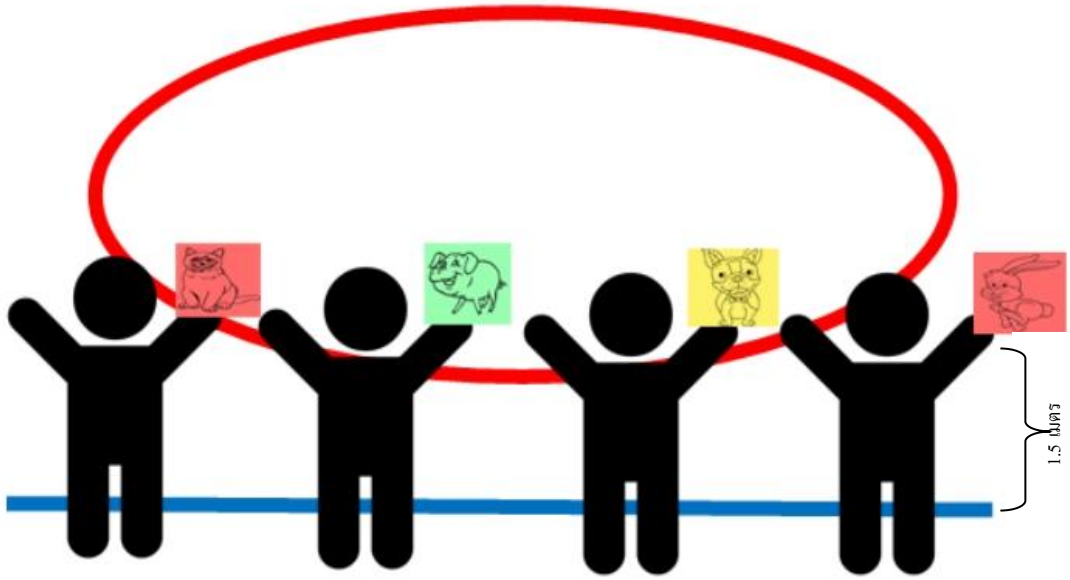
บัตรคำสั่ง

สื่อการเรียนรู้กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน





ตัวอย่างกิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน



แบบประเมินพัฒนาการกิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน

การประเมินครั้งที่..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	การขานคำสั่งในบัตรคำสั่ง												รวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

หมายเหตุ

ใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติได้ถูกต้อง

ใส่เครื่องหมาย ✗ ในช่องเมื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมปฏิบัติไม่ถูกต้อง

*ใช้ประเมินพัฒนาการในการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในงานวิจัย

ภาคผนวก

มาตรการการดำเนินงานการบริหารจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

มาตรการการดำเนินงานการบริหารจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

1. คัดกรอง (Screening) ผู้ที่เขามาในสถานศึกษาทุกคนตองได้รับการคัดกรองวัดอุณหภูมิร่างกาย
2. สวมหน้ากาก (Mask) ทุกคนต องสวมหน ากากผ าหรือหน ากากอนามัย ตลอดเวลาที่ อยู่ในสถานศึกษา
3. ลางมือ (Hand Washing) ล้างมือบ่อย ๆ ด้วยสบู่และน้ำ นานอย่างน้อย 20 วินาที หรือใช้เจลแอลกอฮอล หลีกเลี่ยงการสัมผัสบริเวณจุดเสี่ยง เช่น ราวบันได ลูกบิดประตู เป็นต้น รวมทั้งไม่ใช้มือสัมผัส ใบหนา ตา ปาก จมูก โดยไม่จำเป็น
4. เว้นระยะห่าง (Social Distancing) เว้นระยะห่างระหว่างบุคคล อย่างน้อย 1 - 2 เมตร รวมถึงการจัดเว้นระยะห่างของสถานที่
5. ทำความสะอาด (Cleaning) เปิดประตู หน้าต่าง ให้อากาศถ่ายเท ทำความสะอาดห้องเรียน และบริเวณต่าง ๆ โดยเช็ดทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัส เก้าอี้และวัสดุอุปกรณ์ก่อนเข้าเรียน และหลังเลิกเรียนทุกวัน และรวบรวมขยะออกจากห องเรียน เพื่อนำไปกำจัดทุกวันเปิดเรียน
6. ลดแออัด (Reducing) ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมใหสั้นลงเทาที่จำเป็น หรือเหลื่อมเวลาทำกิจกรรม และหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมรวมตัวกันเป็นกลุมลดแออัด

การเตรียมความพร อมของสถานศึกษา มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการปฏิบัติตนของนักเรียนและบุคลากรในสถานศึกษา เพื่อลดโอกาสการติดเชื้อและป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อโรคโควิด 19 ให้เกิดความปลอดภัยแก่ทุกคน สืบเนื่องจากการดำเนินการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จึงมีการปรับรูปแบบกิจกรรมตามหลักปฏิบัติในการปองกันการแพรระบาดของโรคโควิด 19 ในสถานศึกษา

กิจกรรมที่ 1 เลขบรรทัดวัดทักษะคณิต เป็นการเก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมรายบุคคล สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินกิจกรรม

กิจกรรมที่ 2 เดินคิดคณิตศาสตร์ เป็นการเก็บข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมรายบุคคล แต่ต้องมีผู้ทดลองทดลองต้องเดินคู่ไปด้วย จึงกำหนดระยะห่าง 2 เมตร ระหว่างผู้ทดลอง และผู้เข้าร่วมการทดลอง ตามมาตรการและแนวทางการบริหารจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

กิจกรรมที่ 3 คณิตคิดจำแนก ปรับรูปแบบของกิจกรรมจากการวิ่งรวมกลุ่มกันตามคำสั่ง เป็นการเข้าไปเหยียบเครื่องหมายตามที่กำหนดให้แทนเพื่อเว้นระยะห่าง

ผู้ทดลองอธิบายวิธีการเล่น ดังนี้ กติกาการการแบ่งประเภทโดยเกณฑ์ในการแบ่งมี 4 ข้อ ดังนี้

(1) สีเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

- สีแดงเหมือนกันเหยียบในตารางหมา
- สีเขียวเหมือนกันเหยียบในตารางช้าง
- สีเหลืองเหมือนกันเหยียบในตารางปลา
- สีน้ำเงินเหมือนกันเหยียบในตารางปู

(2) สีต่างกันอยู่ด้วยกัน

- สามเหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางหมา
- สี่เหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางช้าง
- วงกลมสีต่างกันเหยียบในตารางปลา
- ห้าเหลี่ยมสีต่างกันเหยียบในตารางปู

(3) รูปร่างเหมือนกันอยู่ด้วยกัน

- สามเหลี่ยมเหยียบในตารางช้าง
- สี่เหลี่ยมเหยียบในตารางหมา
- วงกลมเหยียบในตารางปู
- ห้าเหลี่ยมเหยียบในตารางปลา

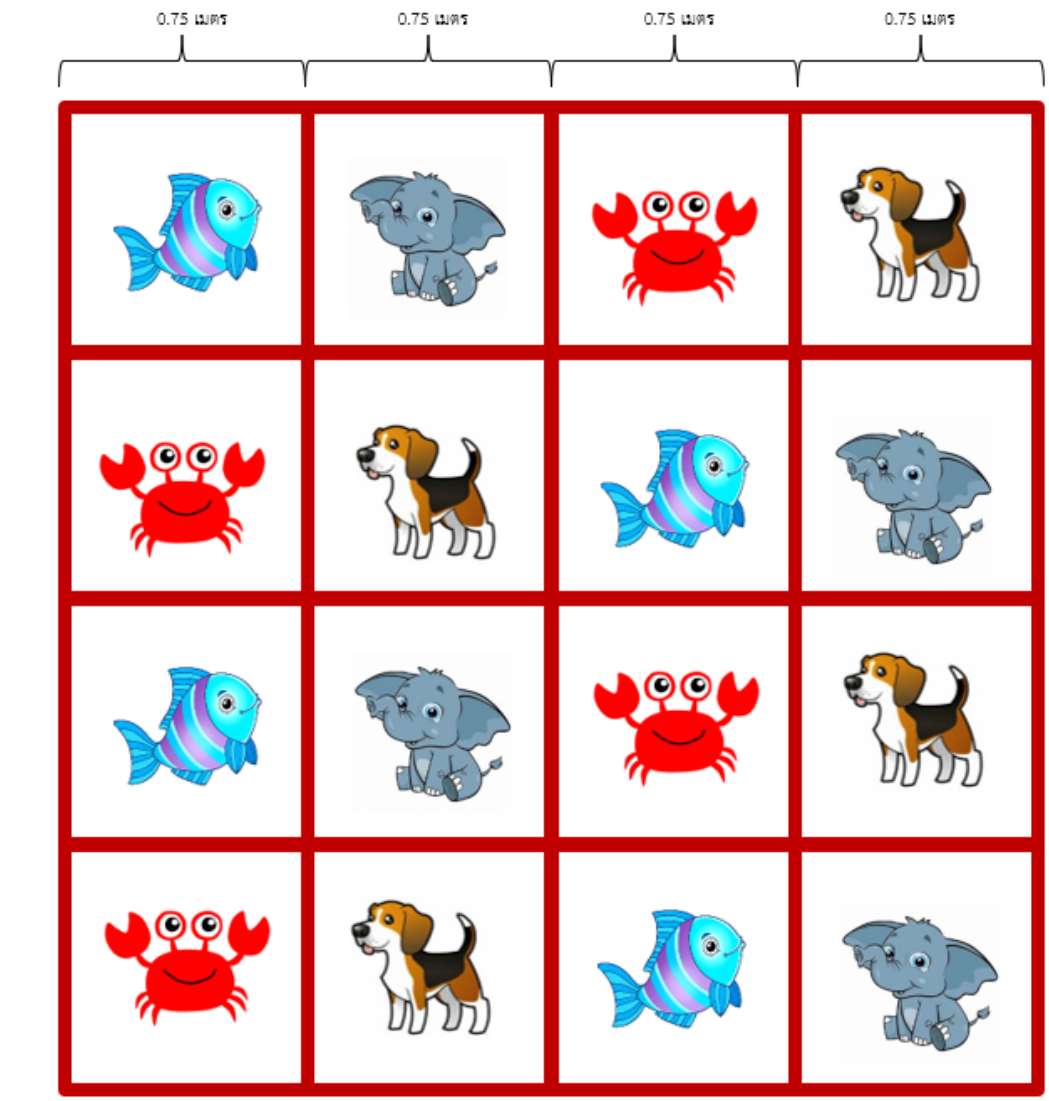
(4) รูปร่างต่างกันอยู่ด้วยกัน

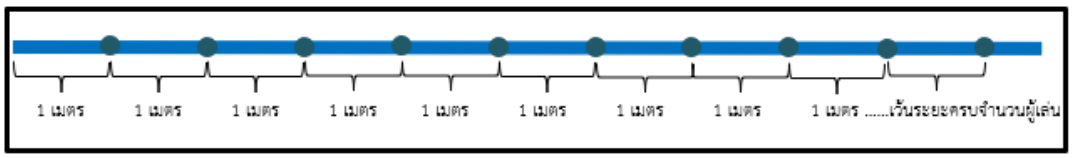
ปรับรูปแบบของกิจกรรมตามมาตรการและแนวทางการบริหารจัดการเรียนการสอนฯ คำสั่งที่ 4 จะคล้ายคลึงกับคำสั่งที่ 1 แต่ต้องเพิ่มการกำหนดรูปร่างทำให้ คำสั่งยาวเกินไปเด็กอาจเกิดความสับสน เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม ห้าเหลี่ยม สีแดงเหยียบในตารางหมา จึงยกเลิกและนำไปรวมในคำสั่งที่ 1

บัตรคำสั่ง กิจกรรมคณิตคิดจำแนก

สีแดงเหมือนกัน เหยียบในตารางหมา	สีเขียวเหมือนกัน เหยียบในตารางช้าง
สีเหลืองเหมือนกัน เหยียบในตารางปลา	สีน้ำเงินเหมือนกัน เหยียบในตารางปู
สามเหลี่ยมสีต่างกัน เหยียบในตารางหมา	สี่เหลี่ยมสีต่างกัน เหยียบในตารางช้าง
วงกลมสีต่างกัน เหยียบในตารางปลา	ห้าเหลี่ยมสีต่างกัน เหยียบในตารางปู
สามเหลี่ยม เหยียบในตารางช้าง	สี่เหลี่ยม เหยียบในตารางหมา
วงกลม เหยียบในตารางปู	ห้าเหลี่ยม เหยียบในตารางปลา

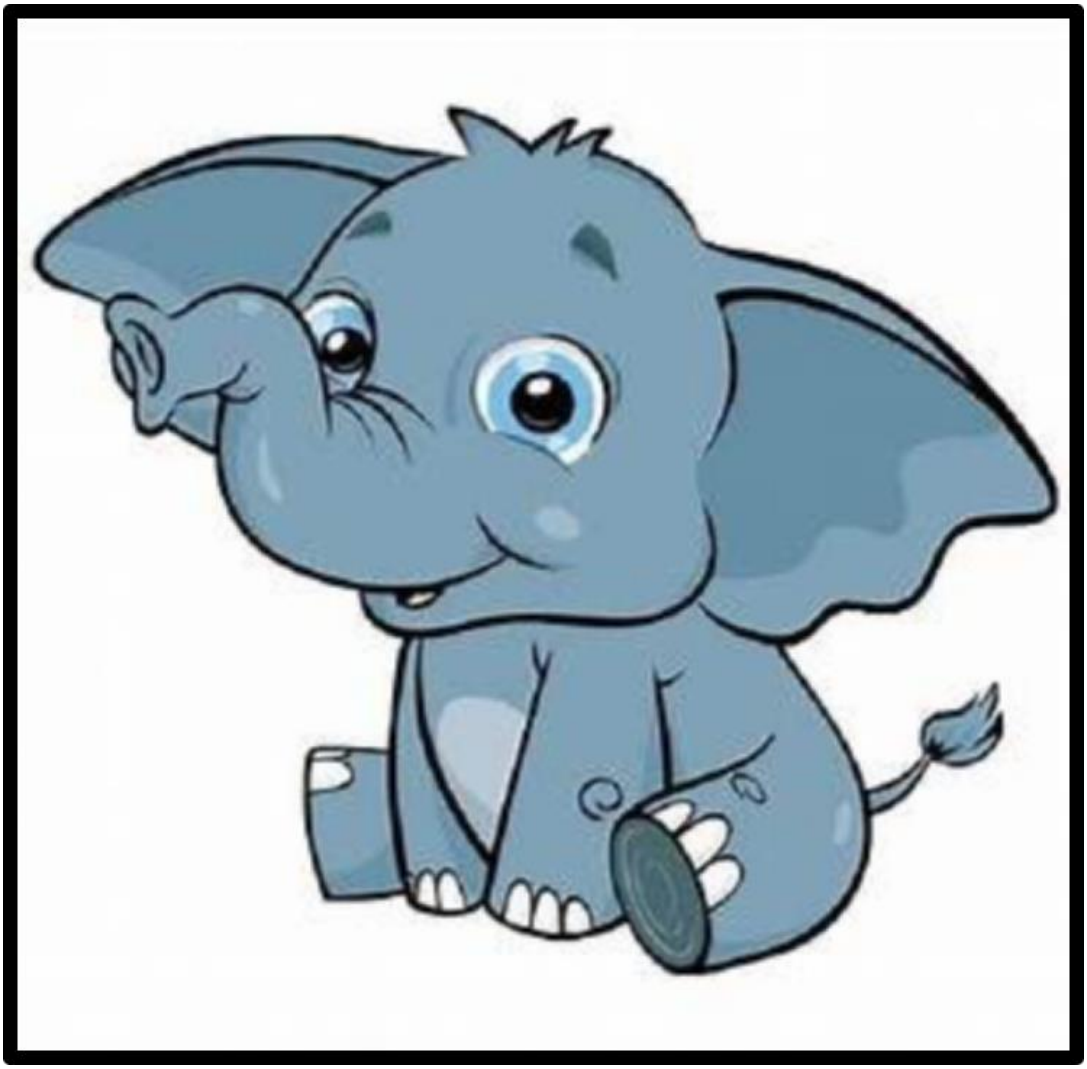
ตารางกิจกรรมคณิตคิดจำแนก





เส้นจุดเริ่มต้น

เครื่องหมายตาราง กิจกรรมคณิตคิดจำแนก

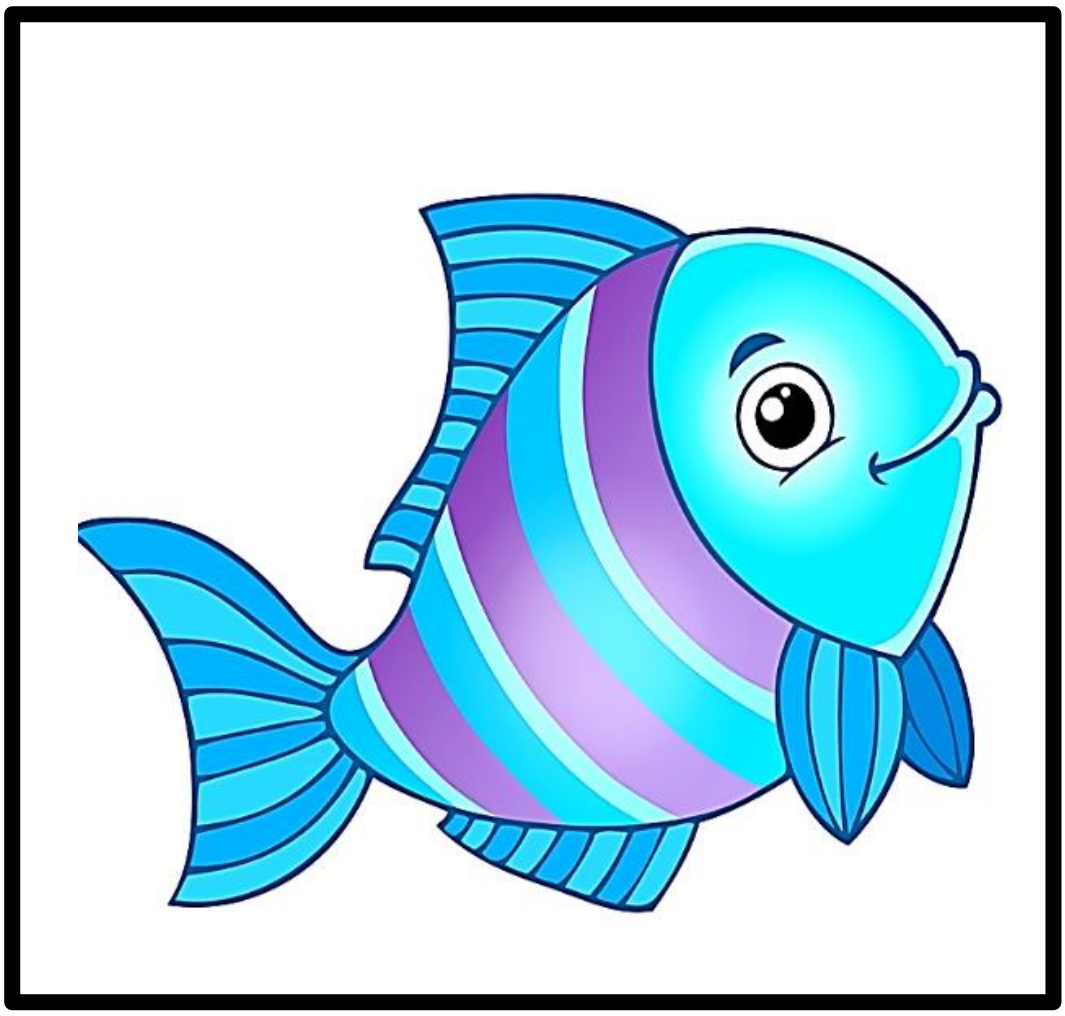


*เครื่องหมายละ 4 ตาราง

เครื่องหมายตาราง กิจกรรมคณิตคิดจำแนก

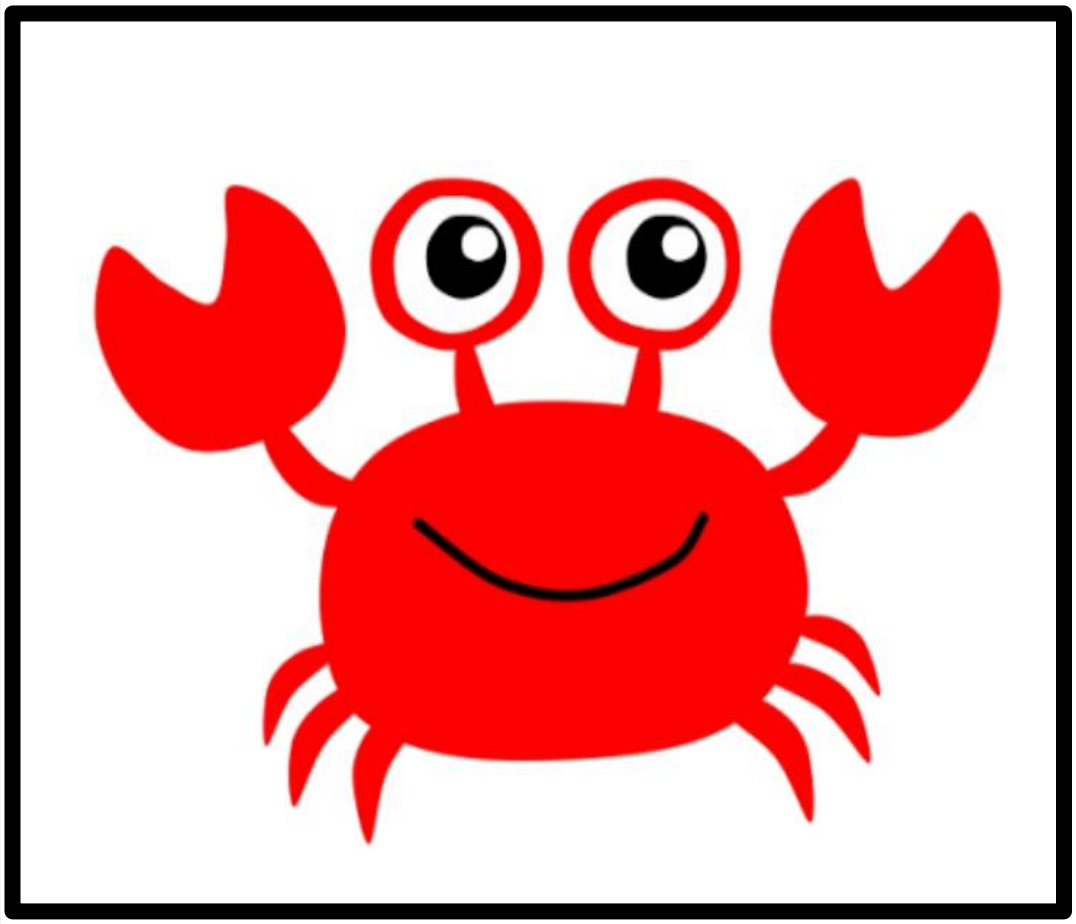
*เครื่องหมายละ 4 ตาราง

เครื่องหมายตาราง กิจกรรมคณิตคิดจำแนก



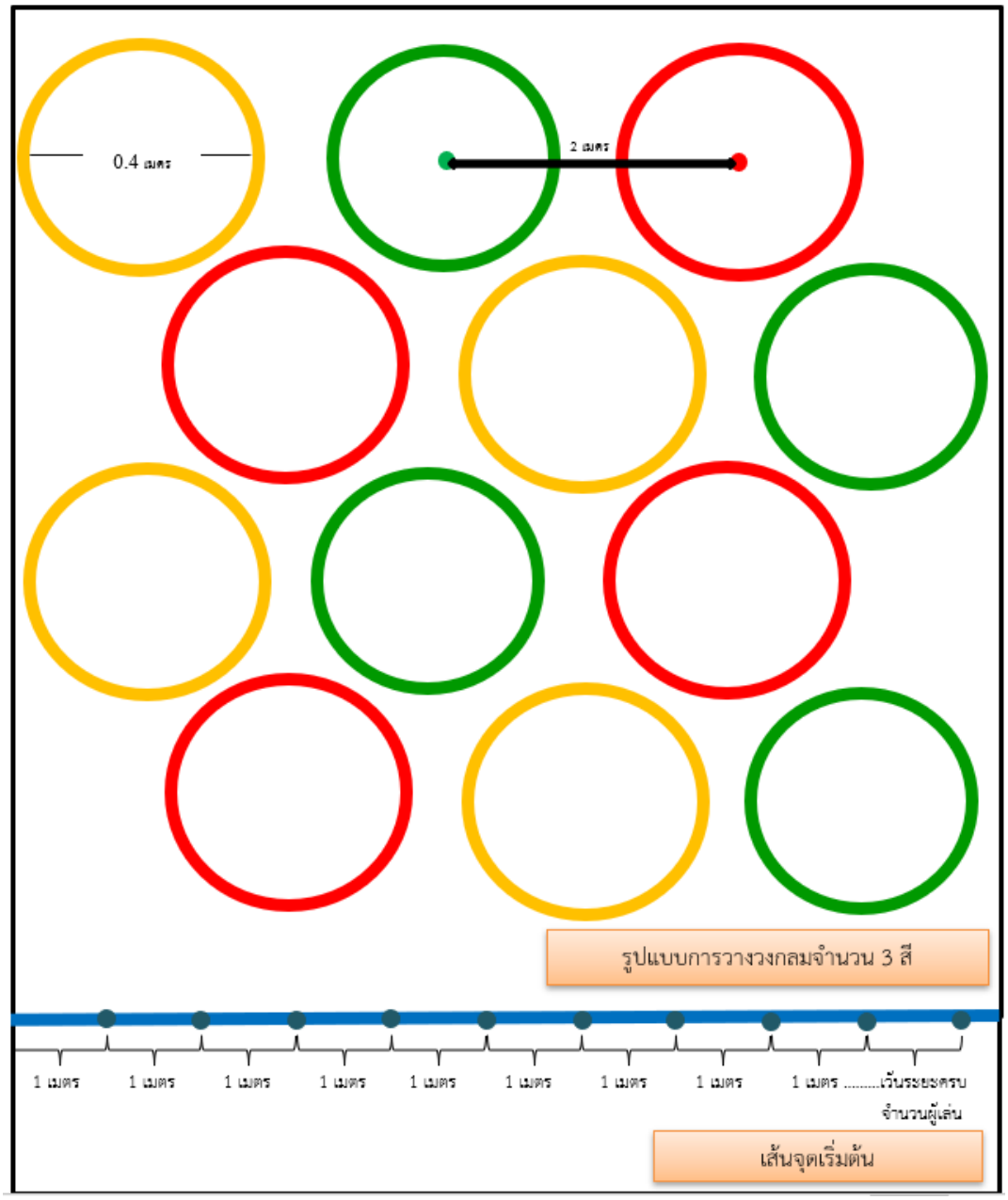
*เครื่องหมายละ 4 ตาราง

เครื่องหมายตาราง กิจกรรมคณิตคิดจำแนก



*เครื่องหมายละ 4 ตาราง

กิจกรรมที่ 4 แตกต่างหรือเหมือนกันปรับขนาดของวงกลม 3 สี จากวงเดียวให้นักเรียนอยู่ร่วมกันหลายคนเป็นสีเดียวมีหลายวง แล้ววางที่ระยะห่างกันโดยคำนวณจากจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วม ซึ่งวงกลมแต่ละสีนั้นใช้จำนวน 6-7 วง จุดศูนย์กลางระหว่างสีเดียวกันที่เว้นระยะห่าง 2 เมตร



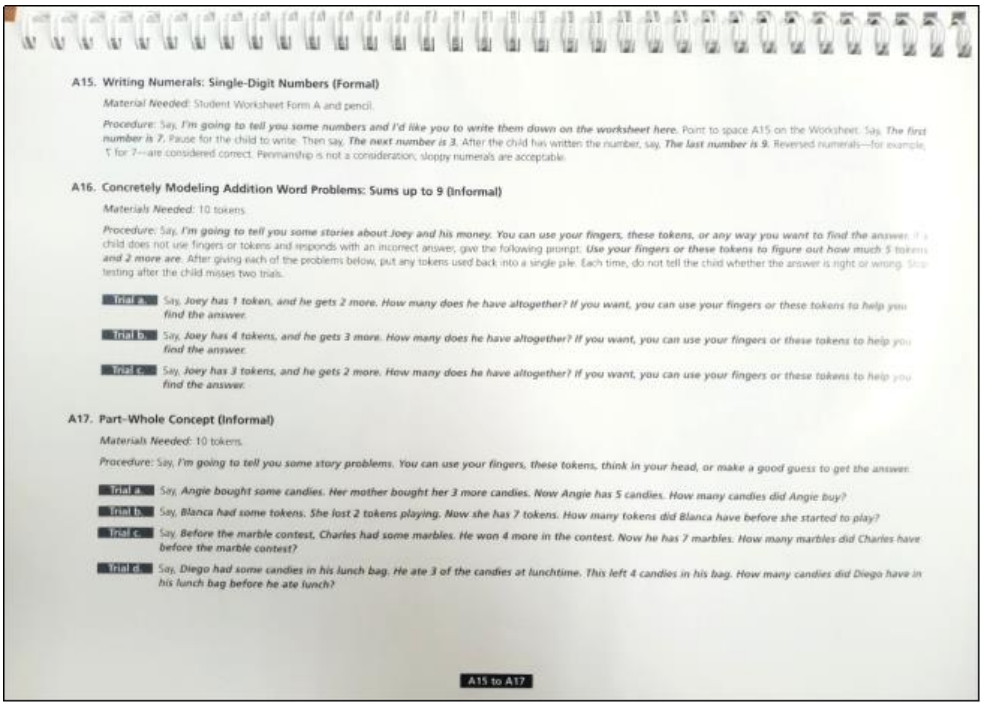
ภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม

จ - 1 แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA 3)

จ - 2 ชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1

จ - 1 แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น (The Test of Early Mathematics Ability, Third Edition: TEMA 3)



A15. Writing Numerals: Single-Digit Numbers (Formal)

Material Needed: Student Worksheet Form A and pencil.

Procedure: Say, ***I'm going to tell you some numbers and I'd like you to write them down on the worksheet here.*** Point to space A15 on the Worksheet. Say, ***The first number is 7.*** Pause for the child to write. Then say, ***The next number is 3.*** After the child has written the number, say, ***The last number is 9.*** Reversed numerals—for example, ٢ for 7—are considered correct. Penmanship is not a consideration; sloppy numerals are acceptable.

A16. Concretely Modeling Addition Word Problems: Sums up to 9 (Informal)

Materials Needed: 10 tokens

Procedure: Say, ***I'm going to tell you some stories about Joey and his money. You can use your fingers, these tokens, or any way you want to find the answer.*** If a child does not use fingers or tokens and responds with an incorrect answer, give the following prompt: ***Use your fingers or these tokens to figure out how much*** 5 tokens ***and 2 more are.*** After giving each of the problems below, put any tokens used back into a single pile. Each time, do not tell the child whether the answer is right or wrong. Stop testing after the child misses two trials.

Trial a: Say, ***Joey has 1 token, and he gets 2 more. How many does he have altogether? If you want, you can use your fingers or these tokens to help you find the answer.***

Trial b: Say, ***Joey has 4 tokens, and he gets 3 more. How many does he have altogether? If you want, you can use your fingers or these tokens to help you find the answer.***

Trial c: Say, ***Joey has 3 tokens, and he gets 2 more. How many does he have altogether? If you want, you can use your fingers or these tokens to help you find the answer.***

A17. Part-Whole Concept (Informal)

Materials Needed: 10 tokens

Procedure: Say, ***I'm going to tell you some story problems. You can use your fingers, these tokens, think in your head, or make a good guess to get the answer.***

Trial a: Say, ***Angie bought some candies. Her mother bought her 3 more candies. Now Angie has 5 candies. How many candies did Angie buy?***

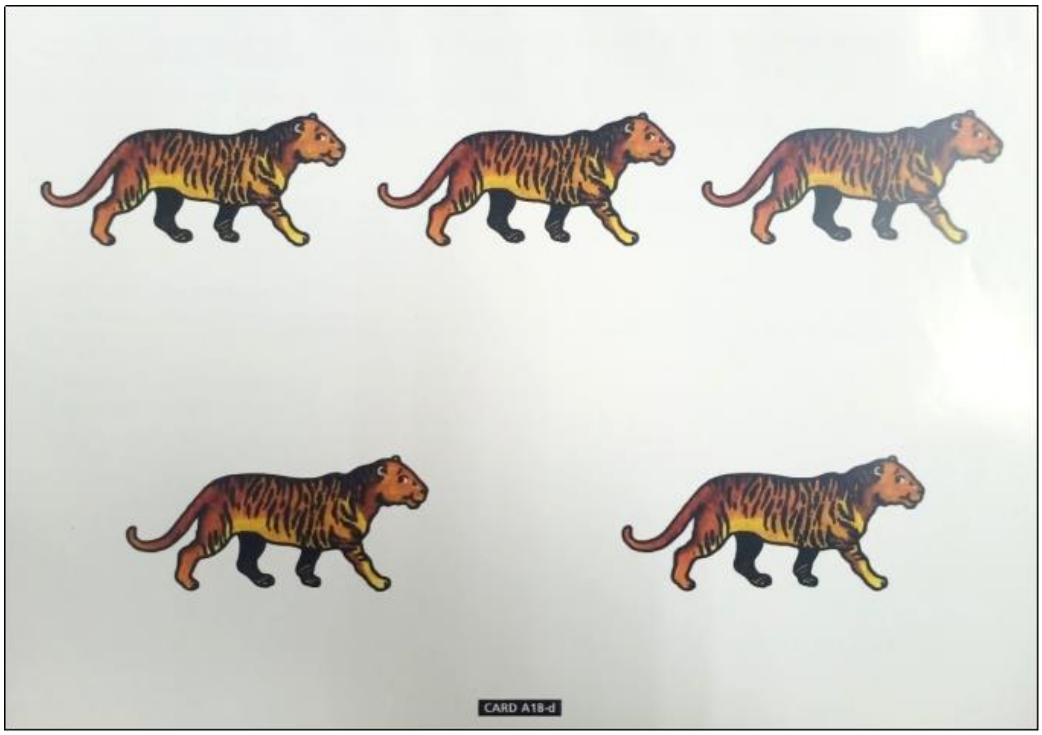
Trial b: Say, ***Blanca had some tokens. She lost 2 tokens playing. Now she has 7 tokens. How many tokens did Blanca have before she started to play?***

Trial c: Say, ***Before the marble contest, Charles had some marbles. He won 4 more in the contest. Now he has 7 marbles. How many marbles did Charles have before the marble contest?***

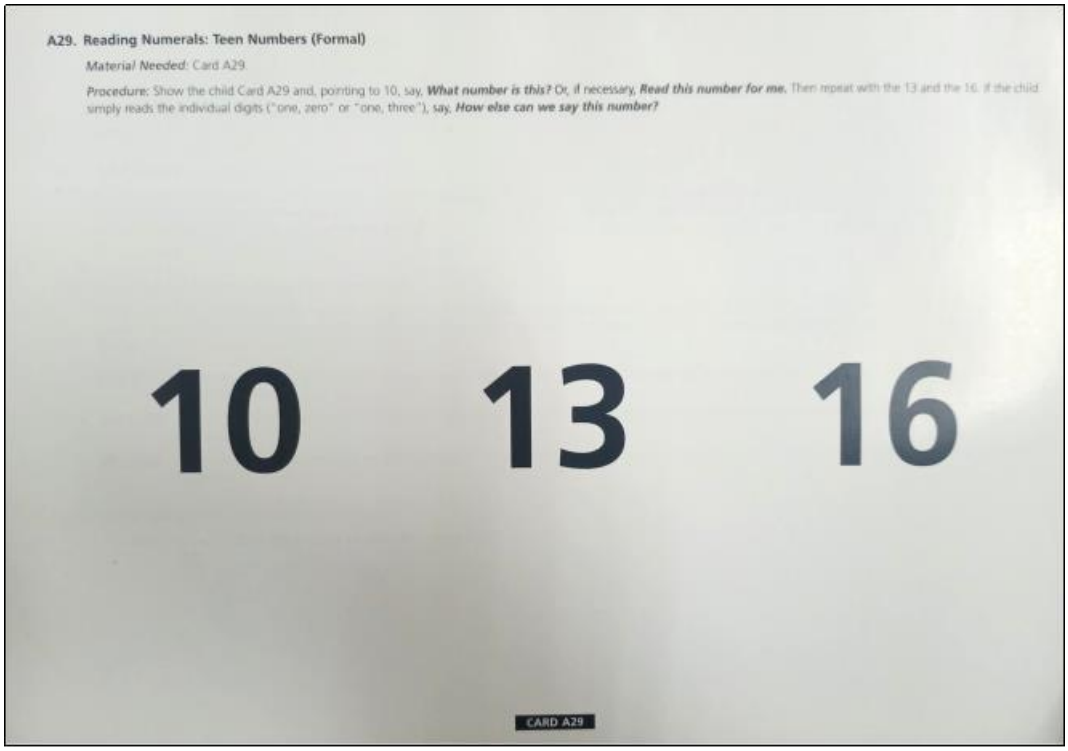
Trial d: Say, ***Diego had some candies in his lunch bag. He ate 3 of the candies at lunchtime. This left 4 candies in his bag. How many candies did Diego have in his lunch bag before he ate lunch?***

A15 to A17

<u>ตัวอย่างแบบทดสอบ แบบคำถามปากเปล่า</u>

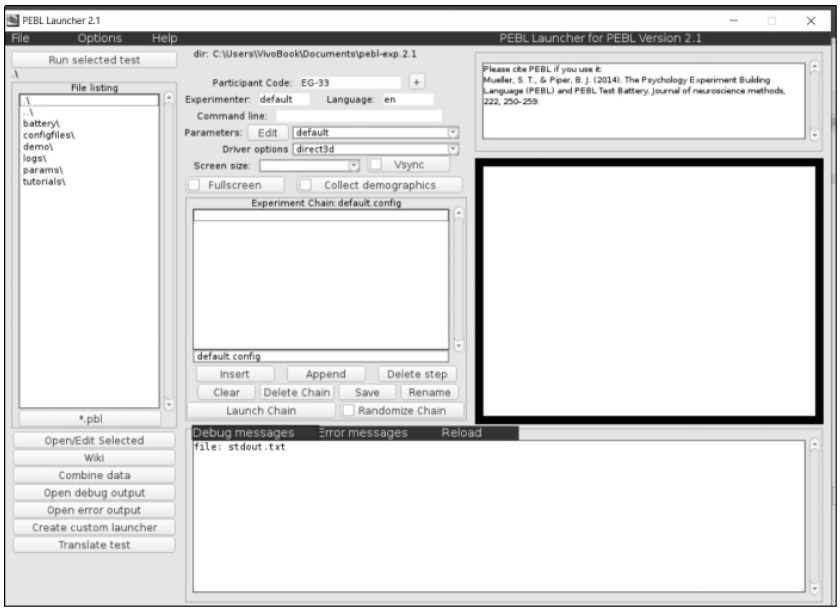


ตัวอย่างแบบทดสอบ แบบนับจำนวนภาพ

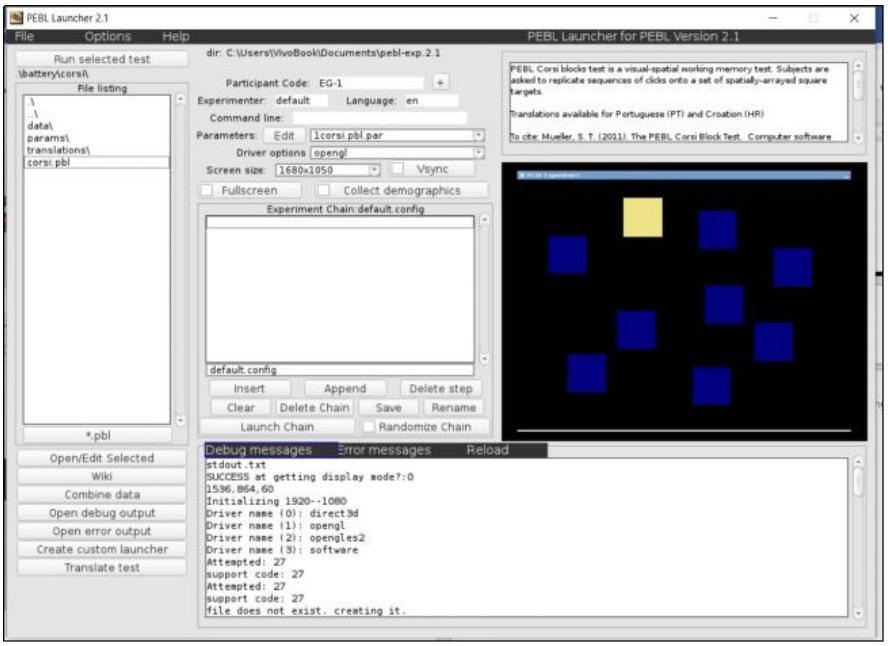


ตัวอย่างแบบทดสอบ แบบอ่านตัวเลข

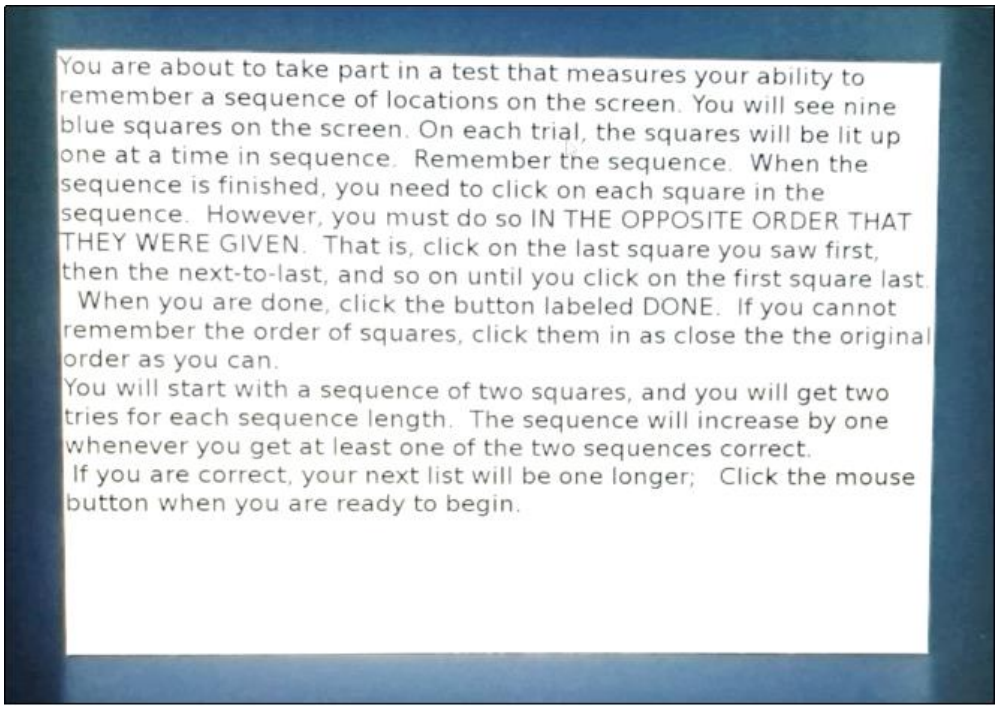
จ -2 ชุดทดสอบความจำขณะคิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) Version 2.1



หน้าจอหลักของโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL)



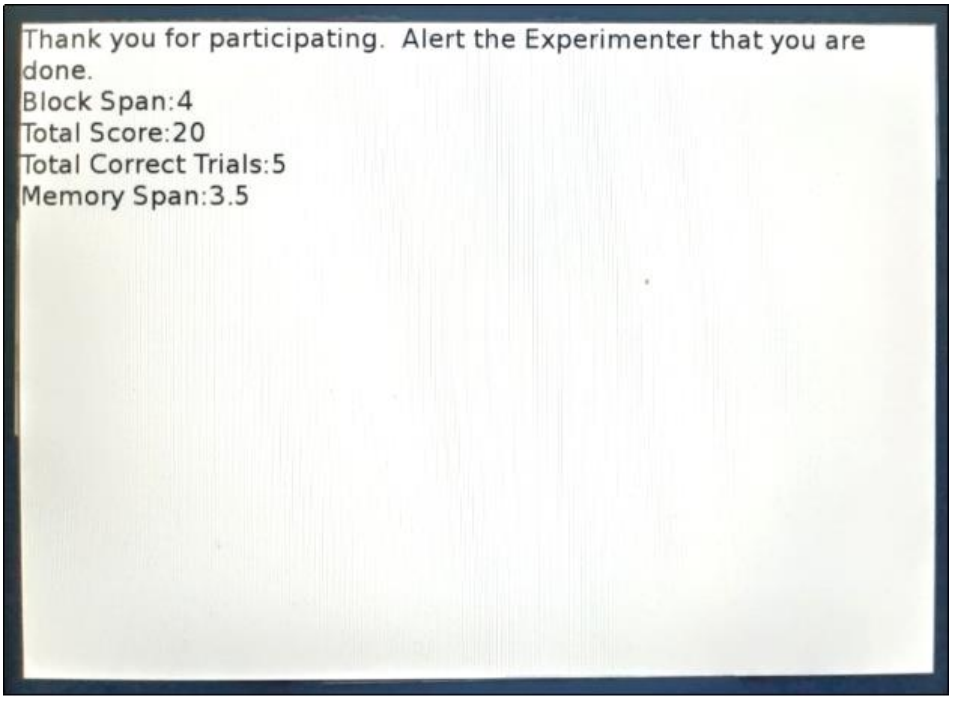
หน้าจอแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi) ในโปรแกรม PEBL



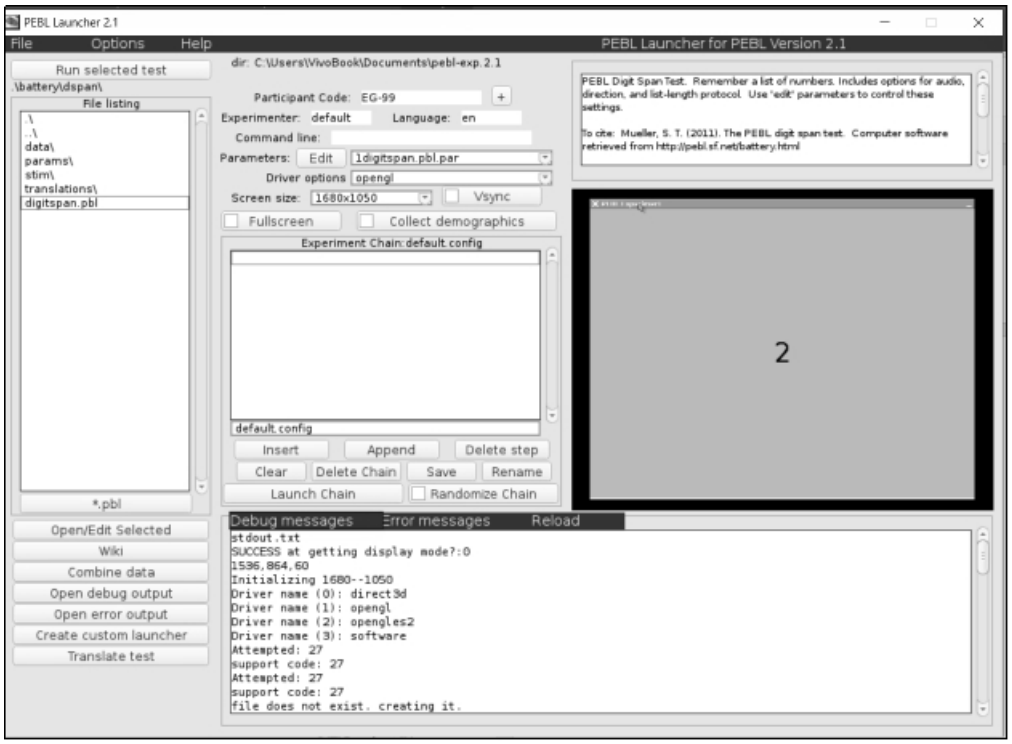
หน้าจอคำอธิบายก่อนการทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)

หน้าจอขณะทำการทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)

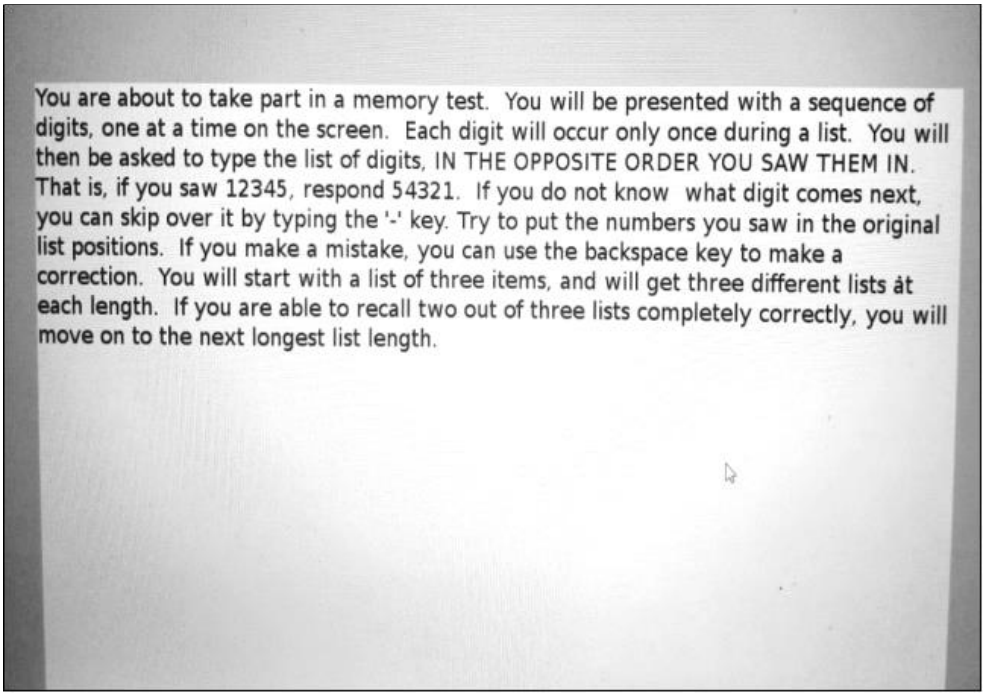
หน้าจอขณะตอบคำตอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)



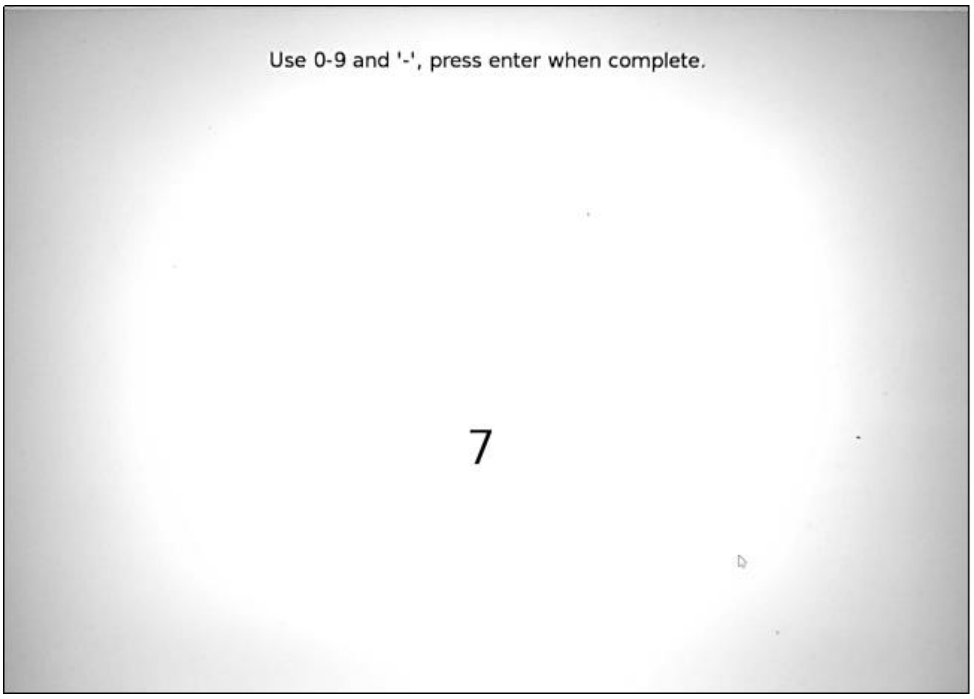
หน้าจอขณะแสดงผลรวมการทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)



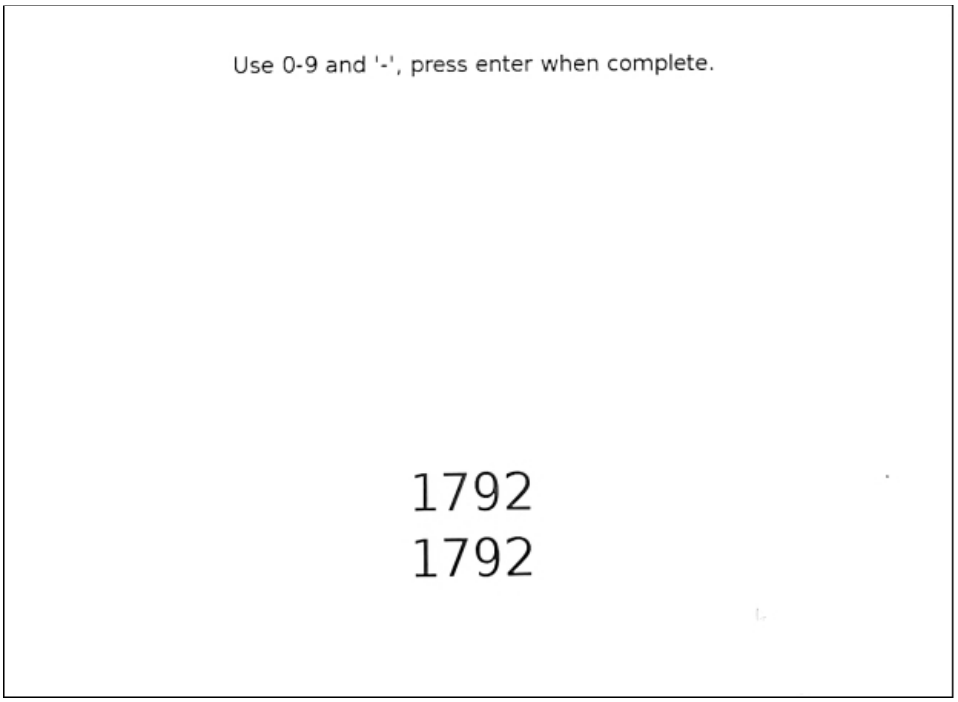
หน้าจอแบบทดสอบด้านตัวเลข (Dspan) ในโปรแกรม PEBL



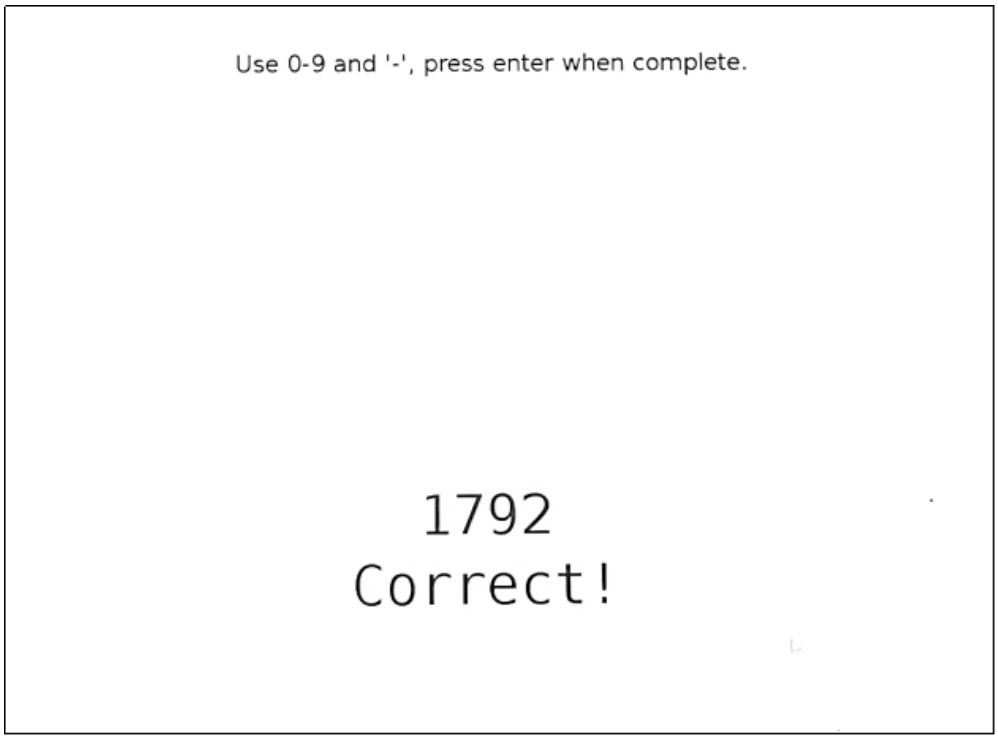
หน้าจอคำอธิบายก่อนการทดสอบด้านตัวเลข (Dspan)



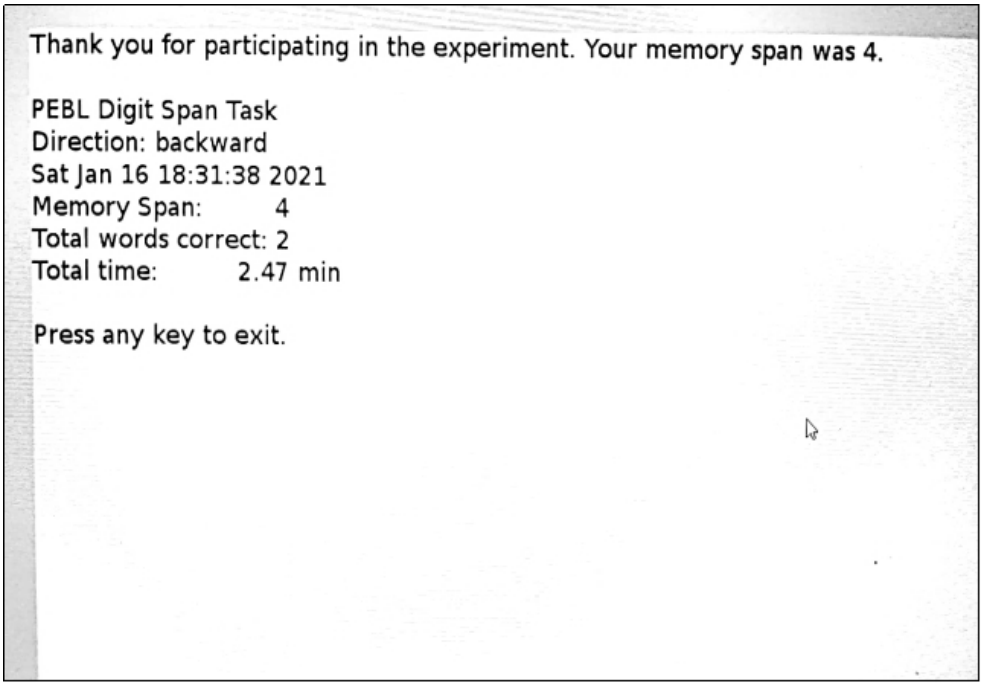
หน้าจอขณะทำการทดสอบด้านตัวเลข (Dspan)



หน้าจอขณะตอบคำตอบด้านตัวเลข (Dspan)



หน้าจอขณะแสดงผลการทดสอบด้านตัวเลข (Dspan) รายข้อ



หน้าจอขณะแสดงผลรวมการทดสอบด้านตัวเลข (Dspan)

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลดิบ

ฉ - 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

ฉ - 2 ข้อมูลดิบกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม

ฉ - 3 ข้อมูลดิบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม

ฉ – 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

รหัส	วันเดือนปีเกิด	ผลการประเมิน												
					ระดับเชาวน์ปัญญา				แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา (คะแนน)					
		แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพ	Number Sets Test (NST) (32 คะแนน)	แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย	Nonverbal Indexes	เวลาที่ใช้ (วินาที)	แบบประเมินการตรวจระดับการเห็น	แบบวัดตาบอดสี (H-R-R Test)	Dot-Verbal-comparison (60)	Number-comparison (120)	Mental-number-line (12)	Inhibition (60)	Shifting (36)	Number-and-operation-updating (20)
									60	120	12	60	36	20
CG-1	17 เม.ย. 58	✓	0	2	94	387	ปกติ	ปกติ	0	5	0	1	2	0
CG-2	21 ต.ค. 57	✓	0	3	94	365	ปกติ	ปกติ	14	21	3	17	9	0
CG-3	25 ส.ค. 57	✓	0	3	95	420	ปกติ	ปกติ	12	28	0	29	18	0
CG-4	15 มิ.ย. 57	✓	0	2	92	408	ปกติ	ปกติ	15	7	6	34	33	0
CG-5	24 ก.พ. 57	✓	0	2	90	458	ปกติ	ปกติ	12	19	0	22	20	0
CG-6	3 ก.ย. 57	✓	0	3	97	412	ปกติ	ปกติ	0	5	0	1	2	0
CG-7	10 ส.ค. 57	✓	0	3	100	395	ปกติ	ปกติ	14	21	3	17	9	0
CG-8	9 ส.ค. 57	✓	0	3	98	403	ปกติ	ปกติ	9	7	1	35	10	0
CG-9	20 พ.ค. 57	✓	0	3	95	442	ปกติ	ปกติ	5	32	5	34	31	0
CG-10	27 ก.ย. 57	✓	0	2	105	423	ปกติ	ปกติ	29	52	7	32	25	0
CG-11	4 ก.ย. 57	✓	0	2	107	378	ปกติ	ปกติ	14	61	2	37	29	2
CG-12	30 ธ.ค. 57	✓	0	3	102	388	ปกติ	ปกติ	18	21	0	20	23	0
CG-13	9 ก.ย. 57	✓	0	3	110	365	ปกติ	ปกติ	31	79	7	35	25	5
CG-14	14 ก.ค. 57	✓	0	3	95	340	ปกติ	ปกติ	23	68	3	31	23	0
CG-15	31 มี.ค. 57	✓	0	2	93	329	ปกติ	ปกติ	9	25	0	13	16	0
CG-16	1 ต.ค. 57	✓	0	2	90	366	ปกติ	ปกติ	5	13	0	18	2	0
CG-17	6 มิ.ย. 57	✓	0	3	90	340	ปกติ	ปกติ	23	28	0	35	4	0
CG-18	14 เม.ย. 57	✓	0	2	90	411	ปกติ	ปกติ	2	29	0	18	5	0
CG-19	6 พ.ย. 57	✓	0	3	94	380	ปกติ	ปกติ	14	33	2	19	0	0
CG-20	5 ก.ค. 57	✓	0	2	92	487	ปกติ	ปกติ	12	18	1	29	5	1
CG-21	11 ต.ค. 57	✓	0	2	107	356	ปกติ	ปกติ	23	30	0	35	21	0
CG-22	30 ม.ค. 58	✓	0	2	110	441	ปกติ	ปกติ	6	3	0	8	2	0

ฉ – 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย (ต่อ)

รหัส	วันเดือนปีเกิด	ผลการประเมิน												
					ระดับเชาวน์ปัญญา				แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา (คะแนน)					
		แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพ	Number Sets Test (NST) (32 คะแนน)	แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย	Nonverbal Indexes	เวลาที่ใช้ (วินาที)	แบบประเมินการตรวจระดับการเห็น	แบบวัดตาบอดสี (H-R-R Test)	Dot-Verbal-comparison (60)	Number-comparison (120)	Mental-number-line (12)	Inhibition (60)	Shifting (36)	Number-and-operation-updating (20)
									60	120	12	60	36	20
CG-23	18 ก.พ. 57	✓	0	2	90	395	ปกติ	ปกติ	5	3	0	2	3	1
CG-24	11 ม.ค. 58	✓	0	2	94	356	ปกติ	ปกติ	4	6	1	23	21	0
CG-25	19 ก.พ. 57	✓	0	3	98	412	ปกติ	ปกติ	18	24	1	27	21	1
CG-26	1 มิ.ย. 57	✓	0	2	92	398	ปกติ	ปกติ	4	6	2	11	0	0
CG-27	23 ส.ค. 57	✓	0	2	97	388	ปกติ	ปกติ	13	40	3	40	3	1
CG-28	26 ก.ย. 57	✓	0	2	94	390	ปกติ	ปกติ	3	9	0	13	2	0
CG-29	22 ต.ค. 57	✓	0	3	92	388	ปกติ	ปกติ	14	21	4	8	18	1
CG-30	24 เม.ย. 58	✓	0	2	109	497	ปกติ	ปกติ	15	26	0	30	17	0
CG-31	28 มิ.ย. 57	✓	0	3	92	384	ปกติ	ปกติ	8	6	0	37	2	1
CG-32	6 ส.ค. 57	✓	0	2	98	307	ปกติ	ปกติ	8	41	0	43	25	0
CG-33	24 มิ.ย. 57	✓	0	3	95	456	ปกติ	ปกติ	0	0	0	5	6	0
CG-34	30 ส.ค. 57	✓	0	2	95	375	ปกติ	ปกติ	8	9	1	12	7	1
CG-35	8 พ.ค. 58	✓	0	3	99	425	ปกติ	ปกติ	22	35	2	42	18	1
CG-36	20 ส.ค. 57	✓	0	3	97	357	ปกติ	ปกติ	19	32	0	37	6	1
CG-37	17 มิ.ย. 57	✓	0	2	92	380	ปกติ	ปกติ	8	7	0	11	2	0
CG-38	30 พ.ค. 57	✓	0	2	98	410	ปกติ	ปกติ	7	15	1	23	9	0
CG-39	18 มี.ค. 58	✓	0	2	94	378	ปกติ	ปกติ	5	6	1	12	4	0
CG-40	14 มี.ค. 58	✓	0	2	96	555	ปกติ	ปกติ	2	6	0	5	4	0
CG-41	7 พ.ค. 57	✓	0	2	95	428	ปกติ	ปกติ	12	14	3	33	15	0
CG-42	25 ก.ย. 57	✓	0	2	97	448	ปกติ	ปกติ	15	11	1	36	16	0
CG-43	23 พ.ย. 57	✓	0	3	92	382	ปกติ	ปกติ	2	6	0	9	2	1
CG-44	27 พ.ย. 58	✓	0	2	95	395	ปกติ	ปกติ	3	2	0	7	4	0

ฉ – 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย (ต่อ)

รหัส	วันเดือนปีเกิด	ผลการประเมิน												
					ระดับเชาวน์ปัญญา				แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา (คะแนน)					
		แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพ	Number Sets Test (NST) (32 คะแนน)	แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย	Nonverbal Indexes	เวลาที่ใช้ (วินาที)	แบบประเมินการตรวจระดับการเห็น	แบบวัดตาบอดสี (H-R-R Test)	Dot-Verbal-comparison (60)	Number-comparison (120)	Mental-number-line (12)	Inhibition (60)	Shifting (36)	Number-and-operation-updating (20)
									60	120	12	60	36	20
CG-45	4 ก.ค. 57	✓	0	2	90	413	ปกติ	ปกติ	2	3	0	9	5	0
CG-46	17 เม.ย. 58	✓	0	3	96	452	ปกติ	ปกติ	4	4	1	8	8	0
CG-47	12 มี.ค. 58	✓	0	2	99	423	ปกติ	ปกติ	18	7	2	21	17	0
CG-48	31 มี.ค. 58	✓	0	2	102	528	ปกติ	ปกติ	10	12	1	33	11	1
CG-49	3 ส.ค. 57	✓	0	2	95	388	ปกติ	ปกติ	5	12	1	26	9	0
CG-50	19 เม.ย. 58	✓	0	2	109	515	ปกติ	ปกติ	8	15	1	14	8	0
EG-1	27 ก.ค. 57	✓	0	2	98	333	ปกติ	ปกติ	18	61	5	33	26	2
EG-2	23 ส.ค. 57	✓	0	3	107	462	ปกติ	ปกติ	15	45	4	25	15	0
EG-3	5 ก.ย. 57	✓	0	2	90	408	ปกติ	ปกติ	14	58	4	26	16	0
EG-4	3 เม.ย. 58	✓	0	2	100	366	ปกติ	ปกติ	29	59	3	24	19	0
EG-5	15 ก.ค. 57	✓	0	3	90	423	ปกติ	ปกติ	28	62	4	26	19	0
EG-6	27 ม.ค. 58	✓	0	2	94	398	ปกติ	ปกติ	22	55	5	20	16	0
EG-7	17 ก.พ. 58	✓	0	3	94	403	ปกติ	ปกติ	25	65	3	29	15	0
EG-8	9 พ.ค. 58	✓	0	3	105	390	ปกติ	ปกติ	21	50	4	15	16	0
EG-9	17 ต.ค. 57	✓	0	2	90	468	ปกติ	ปกติ	4	6	2	11	0	0
EG-10	12 ก.พ. 58	✓	0	2	109	312	ปกติ	ปกติ	11	19	5	39	7	0
EG-11	30 มิ.ย. 57	✓	0	3	110	384	ปกติ	ปกติ	10	33	0	18	13	0
EG-12	28 เม.ย. 58	✓	0	3	96	307	ปกติ	ปกติ	13	19	1	19	6	0
EG-13	18 พ.ค. 57	✓	0	2	90	456	ปกติ	ปกติ	9	7	0	9	2	0
EG-14	2 ธ.ค. 57	✓	0	2	110	375	ปกติ	ปกติ	23	28	3	35	6	0
EG-15	7 เม.ย. 58	✓	0	2	100	357	ปกติ	ปกติ	11	26	0	17	14	0
EG-16	10 เม.ย. 58	✓	0	3	94	380	ปกติ	ปกติ	30	37	1	34	21	0

ฉ – 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย (ต่อ)

รหัส	วันเดือนปีเกิด	ผลการประเมิน												
		แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพ	Number Sets Test (NST) (32 คะแนน)	แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย	ระดับเชาวน์ปัญญา		แบบประเมินการตรวจระดับการเห็น	แบบวัดตาบอดสี (H-R-R Test)	แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา (คะแนน)					
					Nonverbal Indexes	เวลาที่ใช้ (วินาที)			Dot-Verbal-comparison (60)	Number-comparison (120)	Mental-number-line (12)	Inhibition (60)	Shifting (36)	Number-and-operation-updating (20)
									60	120	12	60	36	20
EG-17	5 ม.ค. 58	✓	0	3	110	410	ปกติ	ปกติ	40	9	0	13	0	0
EG-18	30 ก.ค. 57	✓	0	2	90	378	ปกติ	ปกติ	2	7	0	5	2	0
EG-19	2 ก.ค. 57	✓	0	2	110	555	ปกติ	ปกติ	4	13	0	13	10	0
EG-20	10 ต.ค. 57	✓	0	3	110	438	ปกติ	ปกติ	2	3	0	3	3	0
EG-21	25 เม.ย. 58	✓	0	3	109	535	ปกติ	ปกติ	2	8	2	3	5	0
EG-22	24 ก.ย. 57	✓	0	2	90	420	ปกติ	ปกติ	1	3	0	6	3	0
EG-23	20 พ.ค. 57	✓	0	2	102	408	ปกติ	ปกติ	6	23	0	26	8	0
EG-24	2 ก.ย. 57	✓	0	2	110	458	ปกติ	ปกติ	3	5	1	5	3	0
EG-25	25 พ.ย. 57	✓	0	2	94	388	ปกติ	ปกติ	12	8	0	8	2	0
EG-26	25 มิ.ย. 57	✓	0	3	92	395	ปกติ	ปกติ	5	12	0	13	4	0
EG-27	4 ธ.ค. 57	✓	0	3	95	403	ปกติ	ปกติ	8	11	0	26	7	0
EG-28	7 ก.ย. 57	✓	0	2	97	442	ปกติ	ปกติ	8	18	0	15	15	0
EG-29	16 ต.ค. 57	✓	0	2	90	423	ปกติ	ปกติ	19	7	0	7	2	0
EG-30	16 ก.พ. 58	✓	0	2	99	513	ปกติ	ปกติ	10	5	0	28	7	0
EG-31	8 มิ.ย. 57	✓	0	2	90	388	ปกติ	ปกติ	5	1	0	1	4	0
EG-32	26 ธ.ค. 57	✓	0	2	92	365	ปกติ	ปกติ	12	34	2	23	15	0
EG-33	14 ส.ค. 57	✓	0	3	94	340	ปกติ	ปกติ	3	13	0	35	5	0
EG-34	12 ก.ค. 57	✓	0	2	90	348	ปกติ	ปกติ	24	23	0	14	17	1
EG-35	27 มี.ค. 58	✓	0	2	91	366	ปกติ	ปกติ	6	0	0	0	0	0
EG-36	9 ก.ย. 57	✓	0	3	90	340	ปกติ	ปกติ	3	2	0	0	0	0
EG-37	8 ก.ย. 57	✓	0	3	90	411	ปกติ	ปกติ	15	40	5	20	15	1
EG-38	3 ธ.ค. 57	✓	0	2	110	380	ปกติ	ปกติ	12	34	1	23	15	0

ฉ – 1 ข้อมูลดิบผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย (ต่อ)

รหัส	วันเดือนปีเกิด	ผลการประเมิน												
		แบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพ	Number Sets Test (NST) (32 คะแนน)	แบบประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัย	ระดับเชาวน์ปัญญา		แบบประเมินการตรวจระดับการเห็น	แบบวัดตาบอดสี (H-R-R Test)	แบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญา (คะแนน)					
					Nonverbal Indexes	เวลาที่ใช้ (วินาที)			Dot-Verbal-comparison (60)	Number-comparison (120)	Mental-number-line (12)	Inhibition (60)	Shifting (36)	Number-and-operation-updating (20)
									60	120	12	60	36	20
EG-39	6 มิ.ย. 57	✓	0	2	90	557	ปกติ	ปกติ	13	32	1	37	9	0
EG-40	31 มี.ค. 58	✓	0	2	91	388	ปกติ	ปกติ	5	45	4	31	18	1
EG-41	30 เม.ย. 58	✓	0	2	96	418	ปกติ	ปกติ	31	49	5	34	15	1
EG-42	13 มี.ค. 58	✓	0	3	91	356	ปกติ	ปกติ	39	48	0	45	25	1
EG-43	8 พ.ย. 57	✓	0	3	95	396	ปกติ	ปกติ	59	66	6	46	29	0
EG-44	28 ส.ค. 57	✓	0	2	97	408	ปกติ	ปกติ	35	64	0	33	13	0
EG-45	31 ก.ค. 57	✓	0	2	92	344	ปกติ	ปกติ	31	39	0	39	25	0
EG-46	7 ต.ค. 57	✓	0	2	94	442	ปกติ	ปกติ	31	34	1	20	25	0
EG-47	25 ก.พ. 58	✓	0	3	96	369	ปกติ	ปกติ	25	35	0	20	9	0
EG-48	16 เม.ย. 58	✓	0	2	96	385	ปกติ	ปกติ	21	37	0	24	14	0
EG-49	19 ม.ค. 58	✓	0	2	94	452	ปกติ	ปกติ	50	75	0	41	30	0
EG-50	2 พ.ย. 57	✓	0	2	95	442	ปกติ	ปกติ	34	59	3	38	31	0

ฉ - 2 ข้อมูลดิบกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
			ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)				ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
CG-1	85	99.33	3	9.71	0	36.00	90	91.60	5	7.28	1	32.70
CG-2	78	88.00	3	8.16	0	39.00	85	69.50	5	7.94	1	38.10
CG-3	82	75.83	4	7.40	0	70.50	84	66.90	6	5.20	1	32.40
CG-4	77	82.20	5	6.33	0	33.00	79	68.50	7	5.79	1	30.00
CG-5	75	90.60	3	6.05	0	84.00	78	79.00	5	5.97	1	43.95
CG-6	76	100.33	4	11.55	0	50.40	77	93.80	5	6.98	1	34.50
CG-7	81	84.60	3	7.98	0	86.70	79	75.50	5	5.84	1	43.20
CG-8	76	95.00	5	8.07	1	42.20	77	95.00	7	6.15	1	40.05
CG-9	75	75.50	7	5.82	0	33.60	79	57.38	7	6.32	0	24.90
CG-10	84	44.43	5	7.22	1	45.50	84	36.80	7	6.25	1	42.60
CG-11	82	44.33	7	7.52	1	42.20	82	87.00	9	6.96	1	42.15
CG-12	83	69.00	6	6.71	0	26.10	87	97.00	6	5.39	0	21.30
CG-13	85	47.25	6	6.95	0	87.60	87	74.33	6	6.17	1	43.35
CG-14	82	54.38	8	5.10	1	38.30	84	45.10	8	5.32	1	37.80
CG-15	74	87.00	3	5.17	0	38.40	75	82.40	6	5.57	1	35.10
CG-16	76	100.67	5	4.51	0	51.00	81	90.40	7	6.05	1	23.70
CG-17	74	107.33	5	4.29	0	33.30	74	85.00	6	4.85	0	31.80
CG-18	75	59.00	5	6.06	0	85.50	77	80.17	5	5.04	1	42.45
CG-19	76	104.67	4	6.22	0	30.00	78	77.25	7	6.40	0	32.70
CG-20	74	96.33	4	6.15	0	56.70	75	82.25	6	5.35	1	59.40

ฉ - 2 ข้อมูลดิบกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม (ต่อ)

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)		Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
CG-21	81	125.00	2	18.45	0	54.30	87	103.83	5	9.06	0	29.70
CG-22	83	75.50	4	7.02	0	29.40	87	86.83	6	6.92	1	29.40
CG-23	74	72.25	3	6.49	0	32.70	73	66.33	6	5.44	0	30.60
CG-24	83	71.50	2	7.02	0	42.00	83	68.50	4	6.72	1	40.50
CG-25	78	57.86	5	8.13	0	78.00	77	98.50	7	7.66	1	38.25
CG-26	74	101.67	3	6.47	0	56.70	75	113.80	5	5.46	0	4.80
CG-27	78	78.00	3	6.91	1	33.60	80	74.86	5	5.13	1	27.15
CG-28	76	93.00	4	6.31	0	46.80	78	90.25	4	5.58	0	45.60
CG-29	82	73.67	4	5.18	0	77.70	84	58.86	4	4.63	1	36.00
CG-30	87	77.75	4	5.38	0	38.40	90	63.80	6	5.12	0	33.90
CG-31	75	72.00	1	10.84	0	51.60	75	66.25	5	7.85	1	24.60
CG-32	75	78.75	6	13.75	1	53.90	80	60.43	8	6.76	2	53.70
CG-33	79	70.67	4	7.22	0	63.90	80	60.57	6	6.06	1	30.00
CG-34	78	80.00	2	7.78	0	36.00	79	70.50	5	6.83	1	27.90
CG-35	85	96.33	4	7.10	0	26.40	87	64.00	5	6.65	1	39.60
CG-36	81	89.20	4	6.18	0	80.40	80	58.71	5	4.53	1	37.35
CG-37	75	84.67	3	7.39	0	44.70	75	65.50	5	6.93	0	24.00
CG-38	75	142.67	3	8.70	0	52.20	74	104.50	5	6.57	1	50.40
CG-39	85	100.33	4	10.47	0	26.10	90	84.20	5	5.28	1	24.00
CG-40	85	103.33	4	7.78	0	32.40	87	90.75	5	6.97	0	21.90

ฉ - 2 ข้อมูลดิบกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้โปรแกรม (ต่อ)

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
			ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)				ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
CG-41	74	81.50	4	8.14	0	24.60	75	64.40	6	6.17	1	23.70
CG-42	81	82.20	6	8.49	0	53.40	84	71.86	8	8.15	0	48.60
CG-43	80	88.33	3	10.40	0	77.40	81	71.40	7	7.43	1	38.40
CG-44	80	99.00	1	6.81	0	31.20	81	79.80	6	5.70	0	22.80
CG-45	75	71.50	4	8.25	1	55.20	79	50.83	8	7.71	1	54.15
CG-46	85	100.33	5	6.96	0	50.40	87	89.00	7	5.68	1	20.40
CG-47	87	98.00	4	6.64	0	60.70	94	60.43	6	5.96	1	39.90
CG-48	87	103.25	4	9.86	0	74.10	94	82.57	6	6.00	1	35.70
CG-49	77	91.40	3	8.03	0	79.50	77	70.80	5	6.37	1	286.00
CG-50	87	80.00	4	6.71	0	79.80	90	64.40	6	4.86	1	34.80

ฉ - 3 ข้อมูลดิบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)		Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
EG-1	75	84.11	4	7.25	1	52.20	85	73.55	10	5.86	3	41.90
EG-2	75	97.00	2	10.82	0	88.80	105	60.00	6	6.07	1	23.95
EG-3	75	90.75	3	9.46	0	70.50	95	61.50	6	5.42	1	34.20
EG-4	90	84.80	2	11.22	0	98.40	112	69.74	8	5.86	2	28.15
EG-5	75	98.25	4	6.27	0	50.10	81	77.80	6	5.16	1	21.90
EG-6	75	96.00	3	9.02	0	35.40	85	72.92	7	3.53	0	28.50
EG-7	85	91.67	5	7.92	0	56.70	95	77.00	8	5.07	0	10.90
EG-8	85	99.33	6	9.57	0	41.70	95	62.67	7	6.79	1	19.05
EG-9	76	92.67	0	9.54	0	35.70	85	79.38	5	5.86	2	28.80
EG-10	85	81.38	2	10.15	0	83.10	105	69.50	6	7.04	1	18.25
EG-11	74	94.67	2	9.84	0	56.70	85	63.60	10	5.18	1	21.60
EG-12	85	99.33	1	11.49	0	102.60	95	75.88	6	4.35	2	45.90
EG-13	75	89.00	0	14.83	0	39.30	78	61.43	5	7.68	0	35.10
EG-14	90	75.00	2	8.99	0	72.60	112	63.89	7	6.01	1	26.30
EG-15	85	55.00	1	10.53	0	34.80	90	67.00	7	7.02	1	21.60
EG-16	87	80.00	4	9.39	0	26.70	90	65.50	6	6.27	1	23.70
EG-17	75	94.50	1	8.34	0	32.40	89	67.25	10	5.74	1	18.00
EG-18	85	97.00	0	7.23	0	26.10	92	72.75	9	4.68	0	24.90
EG-19	90	79.63	2	8.79	0	56.10	112	50.47	8	5.34	1	21.30
EG-20	85	79.33	2	12.64	4	35.10	105	51.40	6	6.78	2	21.60

ฉ - 3 ข้อมูลดิบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม (ต่อ)

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)		Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
EG-21	90	91.67	1	7.40	0	35.40	112	56.50	7	3.88	0	27.90
EG-22	76	95.67	0	9.77	0	26.70	81	76.00	6	5.49	1	26.10
EG-23	84	80.33	0	12.83	0	58.20	99	58.33	6	6.55	2	33.90
EG-24	76	86.00	4	12.82	0	43.80	88	64.50	7	5.77	0	39.90
EG-25	75	87.33	1	9.16	0	41.70	85	58.56	6	7.30	1	31.80
EG-26	74	93.00	5	6.68	0	29.40	92	76.93	9	5.09	0	27.90
EG-27	83	95.75	0	8.58	0	97.20	95	73.38	7	4.70	1	24.20
EG-28	92	75.17	4	8.64	0	84.60	94	60.47	8	6.77	0	37.50
EG-29	78	80.75	0	14.10	0	41.10	85	68.25	6	7.18	2	12.30
EG-30	90	82.60	7	10.75	1	54.30	99	50.69	8	5.70	1	37.05
EG-31	75	92.00	5	5.96	0	56.30	77	75.00	8	4.66	0	27.00
EG-32	80	88.33	4	11.91	0	63.50	85	67.00	6	5.69	1	30.00
EG-33	78	72.50	6	7.49	0	42.90	93	51.56	8	3.52	0	35.10
EG-34	74	92.67	0	11.06	0	33.30	79	86.67	5	6.45	1	14.70
EG-35	75	98.67	1	7.74	0	33.40	85	72.00	6	4.77	2	21.90
EG-36	76	100.67	3	10.57	0	43.80	85	75.33	7	6.83	1	36.00
EG-37	76	88.33	3	12.08	0	80.10	82	73.83	9	7.48	0	56.80
EG-38	80	101.67	3	7.49	0	41.40	99	85.00	6	5.32	1	25.80
EG-39	74	106.75	5	9.46	0	23.40	77	71.17	7	5.53	1	11.10
EG-40	85	96.00	2	8.40	0	33.90	94	71.57	6	6.36	2	26.40

ฉ - 3 ข้อมูลดิบกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรม (ต่อ)

รหัส	ผลการทดสอบก่อนการใช้โปรแกรม						ผลการทดสอบหลังการใช้โปรแกรม					
	ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด				ความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น		ความจำขณะคิด			
	Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)		Math Ability Score	เวลา (วินาที)	ด้านมิติสัมพันธ์ (Corsi)		ด้านตัวเลข (Dspan)	
			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)			คะแนน	เวลา (วินาที)	คะแนน	เวลา (วินาที)
EG-41	75	92.67	0	13.15	0	35.10	85	76.00	5	7.84	1	21.30
EG-42	92	76.00	0	12.02	0	37.30	95	57.18	7	6.92	1	28.20
EG-43	75	78.50	3	10.28	1	44.00	85	56.92	9	7.93	2	30.60
EG-44	78	77.00	2	12.99	1	42.80	82	63.88	7	6.43	2	21.30
EG-45	74	91.33	0	9.62	1	33.40	77	62.25	6	4.55	2	12.30
EG-46	81	88.40	5	12.39	0	41.40	85	70.29	11	4.38	0	19.20
EG-47	81	99.33	0	14.33	0	30.30	85	61.60	6	4.44	0	19.80
EG-48	85	95.00	1	7.03	0	50.10	92	68.00	7	3.36	2	12.85
EG-49	75	97.33	5	10.27	1	48.80	85	74.40	9	4.79	2	21.45
EG-50	81	98.40	2	7.12	0	32.10	85	68.40	7	3.80	1	20.40

ภาคผนวก ช

บรรยากาศการเก็บข้อมูล

ช - 1 ภาพการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

ช - 2 ภาพการตรวจสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือก

ช - 3 ภาพกิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ช - 4 ภาพการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด

ช - 1 ภาพการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

ภาพการคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ และการประเมินความเสี่ยงความบกพร่องในการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

ช - 2 ภาพการตรวจสอบคุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือก

ภาพการตรวจระดับการเห็นในเด็กนักเรียนอนุบาล

ภาพทดสอบการมองเห็นสี

การวัดระดับเชาว์ปัญญา

ช - 3 ภาพกิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

กิจกรรมเลขบรรทัดวัดทักษะคณิต (Jump the Number Line: A Number Recognition Activity)

กิจกรรมเดินคิดคณิตศาสตร์ (Take a Walk to be Better at Math)

ช - 3 ภาพกิจกรรมโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกายสำหรับเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์

กิจกรรมคณิตคิดจำแนก (Classify of Geometric Shapes)

กิจกรรมแตกต่างหรือเหมือนกัน (How is It Different or Identical?)

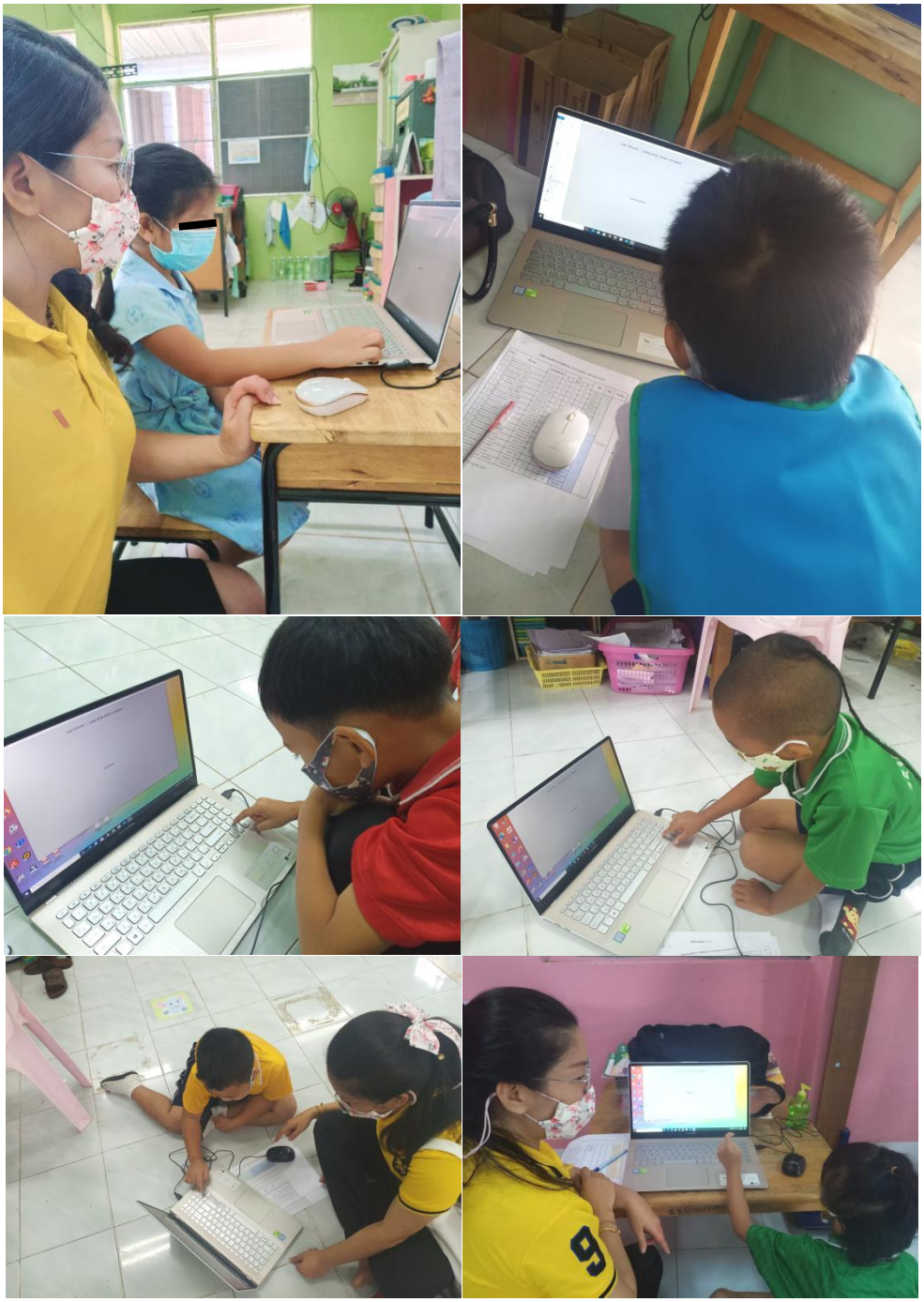
ช - 4 ภาพการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด

การทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น

ช - 4 ภาพการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด

การทดสอบความจำขณะคิด ด้านมิติสัมพันธ์แบบย้อนกลับ (Backward Corsi Block Task)

ช - 4 ภาพการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ขั้นต้น และความจำขณะคิด



การทดสอบความจำขณะคิด ด้านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Backward Digit Span Task)

ภาคผนวก ซ

เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพ

ซ - 1 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-1

ซ - 2 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-2

ซ - 3 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-3

ช - 1 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-1

ELSEVIER LICENSE
TERMS AND CONDITIONS

Jun 10, 2021

This Agreement between Burapha University -- Aree Hansomsakkul ("You") and Elsevier ("Elsevier") consists of your license details and the terms and conditions provided by Elsevier and Copyright Clearance Center.

License Number	5085681351574
License date	Jun 10, 2021
Licensed Content Publisher	Elsevier
Licensed Content Publication	Research in Developmental Disabilities
Licensed Content Title	Evaluation of the Triple Code Model of numerical processing—Reviewing past neuroimaging and clinical findings
Licensed Content Author	Julia Siemann,Franz Petermann
Licensed Content Date	Jan 1, 2018
Licensed Content Volume	72
Licensed Content Issue	n/a
Licensed Content Pages	12
Start Page	106
End Page	117
Type of Use	reuse in a thesis/dissertation

ช - 2 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-2

ELSEVIER LICENSE
TERMS AND CONDITIONS

Jun 10, 2021

This Agreement between Burapha University -- Aree Hansomsakkul ("You") and Elsevier ("Elsevier") consists of your license details and the terms and conditions provided by Elsevier and Copyright Clearance Center.

License Number	5085700148541
License date	Jun 10, 2021
Licensed Content Publisher	Elsevier
Licensed Content Publication	Journal of Experimental Child Psychology
Licensed Content Title	Changing the precision of preschoolers' approximate number system representations changes their symbolic math performance
Licensed Content Author	Jinjing (Jenny) Wang,Darko Odic,Justin Halberda,Lisa Feigenson
Licensed Content Date	Jul 1, 2016
Licensed Content Volume	147
Licensed Content Issue	n/a
Licensed Content Pages	18
Start Page	82
End Page	99
Type of Use	reuse in a thesis/dissertation

ช - 3 เอกสารแสดงการขอลิขสิทธิ์ภาพที่ 2-3

ELSEVIER LICENSE
TERMS AND CONDITIONS

Jun 10, 2021

This Agreement between Burapha University -- Aree Hansomsakkul ("You") and Elsevier ("Elsevier") consists of your license details and the terms and conditions provided by Elsevier and Copyright Clearance Center.

License Number	5085691304993
License date	Jun 10, 2021
Licensed Content Publisher	Elsevier
Licensed Content Publication	The Journal of Mathematical Behavior
Licensed Content Title	Collaborative gesture as a case of extended mathematical cognition
Licensed Content Author	Candace Walkington,Geoffrey Chelule,Dawn Woods,Mitchell J. Nathan
Licensed Content Date	Sep 1, 2019
Licensed Content Volume	55
Licensed Content Issue	n/a
Licensed Content Pages	1
Start Page	100683
End Page	0
Type of Use	reuse in a thesis/dissertation