

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประยุกต์ใช้ เพื่อตรวจสอบความตรงและเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ระยะยาวของพัฒนาการทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกใช้ศึกษาพัฒนาการจากการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ กลุ่มที่สอง ใช้รูปแบบการฝึกปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 5 ปีการศึกษา 2548 สังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งสิ้น 140 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 140 คน เป็นกลุ่มทดลอง 70 คน และเป็นกลุ่มควบคุม 70 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่แรกได้แก่ การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการในเนื้อหากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 ส่วนที่สองประกอบด้วยแบบวัดจำนวน 3 ฉบับได้แก่ แบบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละแบบวัดมีข้อคำถามแบบวัดละ 50 ข้อ การดำเนินการวิจัยเป็นการศึกษาในระยะยาว รวบรวมการเก็บข้อมูลเป็นจำนวน 4 ครั้ง โดยมีช่วงการเก็บข้อมูลห่างกัน 3 สัปดาห์ ของแต่ละแบบวัด รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ ออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เพื่อเปรียบเทียบ คะแนนจากการวัดของทั้ง 3 ตัวแปร ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร 3 ตัวแปรจากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ซึ่งแต่ละตอนผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์แยกเป็น 3 ชุด ชุดแรกเป็นข้อมูลด้านคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่สองเป็นข้อมูลด้านคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และชุดสุดท้ายเป็นข้อมูลด้านคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์โดยสรุปมีดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว ส่วนที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว โดยแต่ละส่วน แบ่งเป็นข้อมูล 3 ด้านตามตัวแปรดังนี้ ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

1.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนย่อยตามตัวแปรดังนี้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

1.1.1 ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 (ACH1, ACH2, ACH3 และ ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 นอกจากนี้คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลองยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 3 ของกลุ่มควบคุมที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยคะแนนสูงสุด และต่ำสุดของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงที่มีลักษณะเป็นเบ้ทางลบ และมีความโด่งต่ำเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ

1.1.2 ข้อมูลด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 (ATT1, ATT2, ATT3 และ ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ยกเว้นในครั้งที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 นอกจากนี้คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มควบคุมยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนเจตคติ

ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 2 ของกลุ่มทดลองที่มีค่ากว้างกว่ากลุ่มควบคุม โดยคะแนนสูงสุด และต่ำสุดของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มควบคุม มีค่าสูงกว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ยกเว้นคะแนนต่ำสุดของกลุ่มทดลองในครั้งที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงที่มีลักษณะส่วนใหญ่เป็นเบ้ทางลบ และถึงแม้กลุ่มทดลองจะมีค่าความโด่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน ก็แสดงให้เห็นว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติ

1.1.3 ข้อมูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 (PRO1, PRO2, PRO3 และ PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมทั้ง 4 ครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกครั้งยกเว้นในครั้งที่ 1 และ 4 นอกจากนี้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลอง ยังมีพิสัยกว้างกว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมอีกด้วย ยกเว้นในครั้งที่ 1 ของกลุ่มควบคุมที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยคะแนนสูงสุด และต่ำสุดของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้งของกลุ่มทดลอง มีค่าสูงกว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม ยกเว้นคะแนนสูงสุดในกลุ่มทดลองในครั้งที่ 1 มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่มแล้ว พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มควบคุมมีการกระจายที่มีลักษณะเบ้ทางลบมากกว่ากลุ่มทดลอง และมีค่าความโด่งสูงกว่ากลุ่มทดลอง นั้นย่อมแสดงให้เห็นว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุม มีลักษณะแจกแจงที่เข้าใกล้โค้งปกติมากกว่ากลุ่มทดลอง

1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากตัวแปรทั้ง 3 คือ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ACH1, ACH2, ACH3, ACH4) ตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ATT1, ATT2, ATT3, ATT4) และตัวแปรคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1, PRO2, PRO3, PRO4) และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มควบคุม ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอเป็นตอนย่อย ๆ ต่อไปนี้

1.2.1 ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ACH1 , ACH2 , ACH3 , ACH4) ครั้งพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ACH1 , ACH2 , ACH3 , ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (ACH2 , ACH3 , ACH4) ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

1.2.2 ข้อมูลด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 (ATT1 , ATT2 , ATT3 , ATT4) ครั้งพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (ATT1 , ATT2 , ATT3 , ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (ATT2 , ATT3 , ATT4) ของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลอง ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4 ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

1.2.3 ข้อมูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1 , PRO2 , PRO3 , PRO4) พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง (PRO1 , PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 2 , 3 , 4 (PRO2 , PRO3 , PRO4) ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) ค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนี้ มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป ดังนี้ กรณีที่ตัวแปรจากการวัดครั้งที่ 1 ตัวแปรใด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยของคะแนนตัวแปรจากการวัดครั้งที่ 1 ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะดำเนินการนำตัวแปรนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้คะแนนจากการวัดครั้งที่ 1 เป็นตัวแปรร่วม (covariance) และเพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความครอบคลุมตัวแปรทั้ง 3 ดังนั้นการวิเคราะห์ในตอนี้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอเป็น 2 ตอนย่อย ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปร 3 ตัว จากการวัดครั้งที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) คะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ก่อนทดลองใช้รูปแบบการฝึก พบว่าค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างของตัวแปรทั้ง 3 จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1 , ATT1 , PRO1) ก่อนการทดลองใช้รูปแบบการฝึกมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของตัวแปรคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เพียงตัวแปรเดียว ซึ่งให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ACH1) และคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (PRO1) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นกรวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance : ANCOVA) ของตัวแปรคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) เป็นตัวแปรร่วม (covariance) พบว่าค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้ทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) เมื่อปรับแก้ด้วยค่าตัวแปรร่วมค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) มีความแตกต่างกันระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าในการวิจัย

ครั้งนี้ ในการเริ่มต้นของการทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความแตกต่างของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์นี้ เมื่อควบคุมให้มีค่าคงที่ ได้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ ระหว่างรูปแบบการฝึกกับตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติ จากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าความชันของสมการถดถอยของตัวแปรร่วมกับตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งตามมีค่าเท่ากัน ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการกับคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) พบว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมีอิทธิพลต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมีอิทธิพลต่อคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งที่ 2 (ATT2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือตัวแปรร่วมคะแนนเจตคติจากการวัดครั้งที่ 1 (ATT1) สามารถอธิบายความแปรผันของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ได้ 76.9% 63.6% 43.2% ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการกับคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง เมื่อทดสอบคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์การวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ของกลุ่มทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์การวัดครั้งที่ 4 (ATT4) ของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นำเสนอเป็น 3 ชุด ชุดแรกเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่สองเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดสุดท้ายเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเสนอการ

วิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 และ ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 และ ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4) เพื่อดูความสัมพันธ์คะแนนจากการวัดทั้ง 3 ครั้ง ในแต่ละตัวแปร ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้อยู่ที่ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์หรือออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 และส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของตัวแปร 3 ตัวได้แก่ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 และ ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 และ ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 และ PRO4) พบว่าคะแนนจากการวัดทั้ง 3 ครั้ง ของ 3 ตัวแปรที่กล่าวข้างต้น มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแยกตามตัวแปรทั้ง 3 มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) พบว่าค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการตรวจสอบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2.2 ข้อมูลด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) พบว่าค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการตรวจสอบค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) ระหว่าง กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4 (ATT4) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพียงครั้งเดียว

3.2.3 ข้อมูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) พบว่าค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการตรวจสอบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ค่าสถิติ F (F – test) ที่ใช้วิเคราะห์มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปร จากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการฝึกกับคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แสดงว่าชนิดของรูปแบบการฝึกมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม 3 ตัว การเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าว ผู้วิจัยเปรียบเทียบลักษณะของกราฟ 2 ลักษณะคือ ลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) และลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง (Quadratic) ขั้นตอนที่สอง การตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ คือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง และกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และขั้นตอนสุดท้าย การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลง (SLOPE) ของตัวแปรตาม 3 ตัว คือคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) ด้วยการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ การเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ ผู้วิจัยเปรียบเทียบลักษณะของกราฟ 2 ลักษณะคือ ลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) และลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง (Quadratic) ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ จากตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบ ลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 , ACH3 , ACH4) ตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 , ATT3 , ATT4) และตัวแปรค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการ

วัด 3 ครั้ง (PRO2 , PRO3 , PRO4) พบว่าลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร มีลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 การตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ

ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ คือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของตัวแปรทั้ง 3 ตัว ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนที่สองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และส่วนสุดท้ายการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 2 แบบ ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

4.2.1 ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบของตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณาเป็นอันดับแรกคือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลาวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 26.595 (SE = 0.419 ; t = 63.498) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 9.419 (SE = 0.298 ; t = 31.618) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.057 และ 10.203

ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) มีค่าเท่ากับ 0.029 และ 5.102 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.171 และ 15.017 ตามลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.040 และ 3.192 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่า ค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.972 และ 0.006 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 1.00 และ 0.965 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .999 และ 0.823 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model)

4.2.2 ข้อมูลด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบของตัวแปรด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณาเป็นอันดับแรกคือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดล โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลากการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของ

คะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 3.908 (SE = 0.034 ; t = 114.825) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 0.161 (SE = 0.013 , t = 12.358) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัด การเปลี่ยนแปลง ตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบ ว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 5.476 และ 59.511 ตาม ลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) มีค่าเท่ากับ 2.738 และ 29.756 ตามลำดับ ซึ่ง ชี้ให้เห็นว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีค่าความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.012 และ 0.150 ตาม ลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.446 และ 4.008 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่า ค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.065 และ 0.000 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.981 และ 0.824 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .903 และ 0.118 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและ กำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนเจตคติทาง วิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model)

4.2.3 ข้อมูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบของ ตัวแปรด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีสภาพตามความเป็นจริงดังนี้ ในการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สิ่งที่ใช้เป็น เกณฑ์ในการพิจารณา เป็นอันดับแรก คือค่าสถิติไค-สแควร์ เกณฑ์ต่อไป คือ ความสามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลง ในระยะยาวของตัวแปรแฝงที่ศึกษา ในที่นี้ได้แก่พารามิเตอร์ที่บ่งชี้ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัด ครั้งที่ 2 (mean level) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) อัตราการเปลี่ยนแปลง ของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาเท่ากัน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะ

เห็นได้ว่า ในกรณีการวิเคราะห์โมเดลโดยการประมาณค่าพารามิเตอร์เมื่อช่วงเวลากการวัดเท่ากัน โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในส่วนนี้ดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งที่ 2 (mean level) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการวัดครั้งที่ 2 (mean level) ที่คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 25.880 (SE = 0.411 ; t = 62.966) และค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลง (mean slope) เท่ากับ 8.366 (SE = 0.202 ; t = 41.467) แต่เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ตามเกณฑ์ดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าค่าไค-สแควร์ (χ^2) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 23.342 และ 4.221 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) มีค่าเท่ากับ 7.781 และ 2.111 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่าความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (residual) หรือความคลาดเคลื่อนได้แก่ ดัชนี RMR ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.826 และ 4.241 ตามลำดับ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนในรูปมาตรฐานคะแนนสูงสุด (largest standardized residual) ของโมเดลทั้ง 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.469 และ 1.348 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง ในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีค่ามากกว่า และพบว่ค่าความน่าจะเป็น (p) ของโมเดลโค้งพัฒนาการทั้ง 2 แบบมีค่าเท่ากับ 0.000 และ 0.121 ตามลำดับ มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.923 และ 0.985 ตามลำดับ และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .742 และ 0.925 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) แสดงให้เห็นว่า คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการวัด 3 ครั้ง มีรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model)

4.3 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลง

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ตัวแปรตามทั้ง 3 ตัวแปรด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบการฝึกที่มีต่อ อัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) อัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) อัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) โดย แยกวิเคราะห์อัตราการการเปลี่ยนแปลง (slope) ของตัวแปรที่ละตัว พบว่า ค่าสถิติ F (F-test) ที่ใช้ ทดสอบ รูปแบบการฝึกมีอิทธิพลต่ออัตราการการเปลี่ยนแปลง (slope) คะแนนเฉลี่ยของตัวแปร ตามทั้ง 3 ตัว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าอัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ย ของตัวแปรตามทั้ง 3 มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ โดยมีอัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (SACH) ระหว่าง กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเท่ากับ 98.883 และ 83.501 ตามลำดับ อัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเท่ากับ 9.533 และ 10.481 ตามลำดับ และอัตราการการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ (SPRO) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมเท่ากับ 98.937 และ 81.496 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการส่งผลให้อัตราการการเปลี่ยนแปลง คะแนนเฉลี่ย (slope) ของทุกตัวแปร ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นอัตราการ การเปลี่ยนแปลง คะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ของกลุ่มทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่ม ควบคุม

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากการวิเคราะห์ค่าสถิติเบื้องต้น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่ม ควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 ,ACH3 ,ACH4) และค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 ,ACH3 ,ACH4) ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของทั้งตัวแปร ทั้งสอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมีผลทำให้ คะแนน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ACH2 ,ACH3 ,ACH4) และคะแนนทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (PRO2 ,ACH3 ,ACH4) สูงขึ้น ในส่วนของค่าเฉลี่ย คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง (ATT2 ,ATT3 ,ATT4) ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้จาก การทดลองใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม เพียงแค่ครั้งเดียวคือค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัดครั้งที่ 4 (ATT4) แสดงให้

เห็นว่าการศึกษาที่เหมาสมตามพัฒนาการมีผลในช่วงท้ายของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการใช้การฝึกที่เหมาสมตามพัฒนาการมีอิทธิพลต่อการพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างแท้จริง

2. เมื่อพัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการใช้การฝึกที่เหมาสมตามพัฒนาการ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 5 กรุงเทพมหานครพบว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาการของนักเรียนในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้เป็นอย่างดี

3. การวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่ากราฟแสดงโค้งพัฒนาการของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนทั้ง 3 ด้านมีอัตราพัฒนาการที่สูงขึ้น จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม 3 ตัว ด้วยการเปรียบเทียบลักษณะของกราฟ 2 ลักษณะคือ ลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) และลักษณะกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรง (Quadratic) ผลที่ได้พบว่ากราฟที่ได้จากคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะกราฟที่เป็นเส้นตรง (linear) ทั้ง 3 ตัวแปรแต่เมื่อพิจารณาความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ด้านความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จากโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) เพื่อ พบว่า มีเพียงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้นที่มีกราฟลักษณะเป็นรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) ส่วนคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีกราฟลักษณะเป็นรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) ทั้งนี้การทดสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ด้านความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีความน่าเชื่อถือกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม 3 ตัว ในด้านความละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะโมเดลในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์

อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) ส่วน คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะโมเดลในรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model)

4. การศึกษาอิทธิพล ของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการที่มีต่อ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4- 5 กรุงเทพมหานคร พบว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ มีอิทธิพลต่อคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนให้สูงขึ้น

5. จุดเด่นในการศึกษาด้านอิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการอีกด้านคือนอกจากผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง ของตัวแปรทั้ง 3 แล้ว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ของตัวแปรทั้ง 3 พบว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ย (slope) ของทุกตัวแปร ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นอัตราการเปลี่ยนแปลง คะแนนเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (SATT) ของกลุ่มทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

6. ในการเปรียบเทียบรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของตัวแปรทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลองและควบคุม มีรูปแบบโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) เหมือนกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์พบว่าคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้งระหว่างกลุ่มทดลองและควบคุม มีรูปแบบโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) เหมือนกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการวัด 3 ครั้งของกลุ่มทดลองและควบคุม มีรูปแบบโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) เหมือนกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกัน

7. การวิจัยในครั้งนี้มีจุดเด่นที่ ค่าเฉลี่ยของ คะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และจากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามทั้ง 3 ตัว ยังพบ

ว่าการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเฉลี่ยของตัวแปร ทั้ง 3 ตัว ซึ่งได้แก่อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าคะแนนที่น้อยกว่าในกลุ่มทดลอง อาจเกิดจากผลการเก็บข้อมูลในระยะยาวที่ผู้ให้ข้อมูลอาจเกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย ท้อแท้ จุดเด่นอีกข้อของการวิจัยครั้งนี้คือ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว ของนักเรียนด้วยการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ยังไม่มีงานวิจัยใดศึกษาในเรื่องของอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม ซึ่งการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้ ให้ความถูกต้องแม่นยำ ตรงกับสภาพที่เป็นจริงของนักเรียนมากกว่า การหาผลต่างของการวัดในแต่ละครั้ง

8. จากผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ในเนื้อหาของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 2 ตามเนื้อหา เสี่ยงกับการได้ยิน น้ำ ฟ้า อากาศ ปริมาตรและการตวง และศึกษาถึงพัฒนาการของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ครบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน โดยขั้นตอนการปฏิบัติที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติจริงนั้นพบว่า ขั้นตอนการดำเนินการทดลองทั้ง 7 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่(1) ขั้นสำรวจความต้องการของนักเรียนเป็นการสนทนา สอบถามถึงความต้องการในการเรียนเนื้อหา และรูปแบบกิจกรรมที่สนใจและที่ต้องการ (2) ขั้นวางแผนตัดสินใจนักเรียน และครูร่วมเลือกหัวข้อ กิจกรรม และร่วมคิดรูปแบบของกิจกรรม ร่วมคิดขั้นตอนการจัดกิจกรรม เมื่อครูทราบถึงความต้องการของนักเรียน ดำเนินการลงลึกถึงเนื้อหาที่จะนำมาจัดกิจกรรม การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (3) ขั้นเตรียมสถานที่ อุปกรณ์เปิดโอกาสให้นักเรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการเตรียมอุปกรณ์ สถานที่ ในการจัดกิจกรรมของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (4) ขั้นฝึกตามรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการนักเรียนร่วมฝึกตามแบบแผนที่ได้ร่วมกันวางไว้โดยร่วมกิจกรรมการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการตามความต้องการของตนในกิจกรรมที่จัดเป็นศูนย์การเรียนรู้ในรูปแบบเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม (5) ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์นักเรียน ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้กันเพื่อในกลุ่ม หรือกับเพื่อนต่างกลุ่มตามต้องการ ทั้งขณะฝึก และหลังฝึก (6) ขั้นบันทึกผลกิจกรรมตามรูปแบบการฝึกบันทึกผลการฝึกในแบบบันทึกการปฏิบัติกิจกรรม และแบบสรุปกิจกรรมพร้อมการบรรยาย อุปสรรค ความรู้สึกในการได้รับการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (7) ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ประเมินผลโดยใช้แบบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากนักเรียนผู้รับ

การฝึกเป็นอย่างดี เนื่องจาก ธรรมชาติของนักเรียนในวัยประถมศึกษาชั้นที่ 4-5 เป็นวัยเด็กที่มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ชอบเล่น ชอบปฏิบัติจริง ทำให้การดำเนินการทดลองสามารถประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี โดยผู้วิจัยเป็นเพียงผู้จัดเตรียมกิจกรรม คอยดูแลให้นักเรียนผู้รับการฝึกได้ปฏิบัติจริงด้วยตนเองทุกคน และผู้วิจัยคอยสอดส่องนักเรียนผู้รับการฝึกบางคนที่ทำตัวแปลกแยก ทำงานคนเดียว ให้เข้าร่วมกิจกรรมร่วมกับเพื่อน โดยการใช้คำพูดเสริมแรงให้นักเรียนผู้รับการฝึกทุกคน ได้เข้าร่วมในกิจกรรมการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP: developmentally appropriate practices) ทั้งถึงทุกคน และการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) มีประสิทธิภาพในการพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอเป็น 2 ส่วนได้แก่ ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากไม่มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นรูปธรรม ผู้สนใจจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ จึงควรศึกษาหลักการและข้อปฏิบัติอย่างละเอียด แต่เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ จะพบว่านักเรียนเกิดความรู้สึกรู้สึก มีความสุข กระตือรือร้นในการเรียน เนื่องจาก กิจกรรมที่จัดนั้นมีลักษณะอิสระ ไม่เครียด เป็นลักษณะเรียนปนเล่น แต่สร้างความปลอดภัยในห้องของครูผู้สอน ครูผู้สอนต้องมีความใจเย็น ที่จะดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการให้สำเร็จลงได้ อีกด้านหนึ่งเบื้องต้นของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนา การครูผู้สอนต้องการศึกษานักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการสำหรับนักเรียนทุกคน ช่วงการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการครูผู้สอนควรสังเกตนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการทำงานร่วมกัน ไม่ทำตัวแปลกแยกจากเพื่อนคนอื่น

2. ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนมาก ผู้มีหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในสถานศึกษา ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสม

สมตามพัฒนาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในสถานศึกษาของตน และเพื่อการทดสอบที่แน่ชัด ของประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสม สมตามพัฒนาการ ครูผู้สอนจึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการสอน 3 แบบ เช่นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรูปแบบดั้งเดิม รูปแบบตามคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามคู่มือครู และรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ เพื่อทดสอบประสิทธิผล ของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ อย่างแท้จริง

3. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างยุ่งยาก แต่สามารถส่งผลให้ผู้วิจัยได้ทราบรายละเอียดตามสภาพอย่างแท้จริงของนักเรียน ซึ่งผู้สนใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา พัฒนาการเรียนของนักเรียนในสถานศึกษาของตนได้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ครูผู้สอนนำไป ปรับปรุง พัฒนาการการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของตน อันส่งผลต่อพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 แบบ คือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) และโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) ในการวัดความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง มี 4 รูปแบบ ได้แก่ (1) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) (2) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (latent growth curve model with fixed parameter = FIC model) (3) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) (4) โมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยในครั้งต่อไปมีความสมบูรณ์ ควรใช้โมเดลทั้ง 4 รูปแบบตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

2. เนื่องจากการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพียงนักเรียนในโรงเรียนขนาดเล็กของสังกัดกรุงเทพมหานคร ในการทำวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการเปรียบเทียบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงระหว่างสังกัด หรือนักเรียนในแต่ละโรงเรียนภายในสังกัดเดียวกัน แต่ทำการเปรียบเทียบในด้านขนาดของโรงเรียน

3. เพื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) โดยผู้วิจัยคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง (slope) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC นั้น จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ได้ สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบได้ว่านักเรียนคนใดจะมีพัฒนาการที่ดีกว่ากัน ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยต่อว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของแต่ละบุคคลหรือไม่ โดยอาจใช้โปรแกรม I.R.T หรือ H.L.M. ในการวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงต่อไป

4. ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวโดยการเก็บข้อมูลที่มีการวัดซ้ำหลายครั้ง สิ่งที่ผู้วิจัยควรคำนึงถึงอย่างยิ่งในการทำวิจัยในลักษณะนี้คือ การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นซึ่งก็คือความเบื่อหน่ายหรือความท้อแท้ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ดังนั้นจึงควรกระตุ้นให้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเกิดแรงจูงใจในการให้ข้อมูลด้วยความเต็มใจ ข้อเสนอแนะอีกประการหนึ่งในกรณีนี้ที่ผู้วิจัยต้องเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของนักเรียนคือ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างผู้วิจัยกับโรงเรียน เพื่อนำผลการสอบไปใช้ประกอบในการพิจารณาตัดสินผลการเรียนของนักเรียนซึ่งจะช่วยให้โรงเรียนได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลร่วมกับผู้วิจัยด้วย นอกจากนี้ควรให้ผลย้อนกลับ (feedback) กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเช่นนักเรียนหรือโรงเรียนอย่างรวดเร็วเพื่อจะได้ทราบถึงพัฒนาการของตนเองและนำผลดังกล่าวกลับไปใช้ในการพัฒนาตนเองอย่างรวดเร็ว สิ่งต่างๆเหล่านี้จะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่เกิดจากแรงจูงใจในการให้ข้อมูลระยะยาวซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้อมูลโดยตรง