บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต จำแนกตามความยากของข้อสอบ และความสามารถของผู้สอบ และศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความยากของข้อสอบกับความสามารถของผู้สอบที่มีต่อความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนปรีชานุศาสน์ จังหวัดชลบุรี ได้มาโดยการรับสมัครอาสาสมัคร ประกอบด้วยเพศหญิงและเพศชายอย่างละ 15 คน รวม 30 คน โดยนักเรียนต้องเป็นผู้มีสุขภาพดี มีการมองเห็นปกติ และต้องถนัดมือขวา แล้วจัดเข้ากลุ่มตามระดับความสามารถ ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน แบบแผนการทดลองเป็นแบบ Three-Groups Posttest-Only Design ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย ตัวแปรต้น มี 2 ตัวแปร ได้แก่ ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) และความสามารถของผู้สอบ (Students' Ability) ตัวแปรตาม มี 1 ตัวแปร ได้แก่ คลื่นไฟฟ้าสมองของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ความสูงของคลื่น (Amplitude) และความกว้างของคลื่น (Latency) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 7 ชนิด ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบรายงานผลการตรวจจากแพทย์ในเรื่องสุขภาพดี และมีการมองเห็นปกติ แบบประเมินความถนัดในการใช้มือขวา แบบทดสอบเลขคณิต กิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยใช้เครื่องวัดสัญญาณรุ่น EEG 100C, MP150 BIOPAC ประเทศสหรัฐอเมริกา และหมวกอิเล็กโตรดที่อ้างอิงระบบมาตรฐานสากล 10-20 และเครื่องคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน และวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความยากของข้อสอบกับความสามารถของผู้สอบที่มีต่อคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะทดสอบด้านเลขคณิตโดยใช้สถิติทดสอบ Two-Way ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS

สรุปผลการวิจัย

1. ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ผู้สอบที่ทำข้อสอบที่มีระดับความยากของข้อสอบแตกต่างกัน ความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน โดยพบว่า ความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 12 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz และ Cz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยข้อสอบยากมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่า

Burapha University มหาวิทยาลัยบูรพา

ข้อสอบง่าย และมีบางจุดอิเล็กโตรดที่ข้อสอบยากง่ายปานกลาง ข้อสอบง่ายมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ P3 และ P4 อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 โดยข้อสอบง่าย มีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน พบว่า ความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกันจำนวน 3 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ P3 O1 และ Pz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้สอบกลุ่มอ่อน และกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง ส่วนความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 และ O1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้สอบกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. มีผลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระดับความยากของข้อสอบกับระดับความสามารถของผู้สอบต่อความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตที่จุดอิเล็กโตรด Fp2 และ Pz

อภิปรายผลการวิจัย

1. ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ผู้สอบที่ทำข้อสอบที่มีระดับความยากของข้อสอบแตกต่างกัน ความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน โดยพบว่า ความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 12 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz และ Cz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยข้อสอบยากมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย และมีบางจุดอิเล็กโตรดที่ข้อสอบยากง่ายปานกลาง ข้อสอบง่ายมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ P3 และ P4 อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 โดยข้อสอบง่าย มีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย มีประเด็นการอภิปรายผลดังนี้

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ผู้สอบที่ทำการทดสอบด้วยข้อสอบที่มีระดับความยากของข้อสอบแตกต่างกัน มีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน ซึ่งพบความแตกต่างในส่วนของความสูงของคลื่น P300 ว่าข้อสอบยากมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย ซึ่งความแตกต่างของความสูงของคลื่นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายใต้ความยากง่ายของ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิจกรรมทางสมอง ความสูงของคลื่นสะท้อนให้เห็นความแตกต่างของระดับการทำงานของเซลล์ประสาท และสัมพันธ์กับกระบวนการทางปัญญาขั้นสูงที่ถูกกระตุ้นขณะทำกิจกรรมในช่วงเวลานั้น ๆ (Handy, 2005, pp. 11-12; Donchin & Coles, 1988; Johnson, 1986) ข้อสอบยาก โจทย์จะมีความซับซ้อนมากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย ผู้สอบจึงต้องใช้ความสามารถในการคิดมากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย (สทศ, 2551, หน้า 113) แสดงให้เห็นว่าความสูงของคลื่น P300 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความยากและความซับซ้อนของสิ่งเร้า (Bajric et al., 1999; Wilson et al., 1998) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kotchoubey (2006) ที่พบว่า กิจกรรม ที่ต้องอาศัยความสนใจและมีความซับซ้อนมาก จะต้องใช้การทำงานของเซลล์ประสาทอย่างมากความสูงของคลื่นจึงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความยากและความซับซ้อนของกิจกรรมที่ทำ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ คอง และคณะ (Kong et al., 1999) พบว่า ความสูงของคลื่นที่ตำแหน่ง F3 ในการคำนวณโจทย์ปัญหาเลขคณิตที่ยาก ๆ จะมีคลื่นสูงกว่า (เป็นบวกมากกว่า) โจทย์ปัญหาที่ง่าย ๆ อย่างมีนัยสำคัญ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นูเนส-พีนา และคณะ (Nunez-Pena et al., 2005) พบว่าความสูงของคลื่นช้าบวกจะถูกปรับเปลี่ยนตามความยากของโจทย์ปัญหา (ความยากของโจทย์ปัญหาเพิ่มขึ้น ความสูงของคลื่นก็จะสูงขึ้น) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความสูงของคลื่นช้าแสดงถึงการกระตุ้นของเครือข่ายสมองมีผลต่อความยากของโจทย์ปัญหา และอีกส่วนหนึ่งของงานวิจัย ปรากฏว่ามีบางจุดอิเล็กโตรดที่ข้อสอบยากง่ายปานกลาง ข้อสอบง่ายมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก ในบางครั้งการทดสอบไม่ควรเลือกข้อสอบที่ยากหรือง่ายเกินไป ควรจะเลือกค่าความยากง่ายใกล้ 0.5 ซึ่งข้อสอบยากง่ายปานกลางเป็นข้อสอบที่มีลักษณะท้าทายชวนคิด ข้อสอบที่มีลักษณะเช่นนี้ต้องมีความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากเกินไปและไม่ง่าย แต่จะต้องเป็นคำถามที่เข้าใจวัดให้มีการคิดที่ลึก ๆ จะช่วยพัฒนาสมองให้คิดต่อศึกษาต่อข้อสอบที่มีคุณค่าทางการศึกษา และควรเป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบคิดค้นคำตอบด้วยความสามารถในระดับสติปัญญาขั้นสูง ข้อสอบวัดคุณค่าสมองระดับสูง เพราะข้อสอบที่ล้วงลึกจะทำให้ผู้สอบพัฒนาความสามารถให้สูงขึ้น (สสวท, 2550, หน้า 185-186) ซึ่งเป็นผลที่ทำให้ผู้สอบใช้การทำงานของเซลล์ประสาทมากขึ้น ส่งผลให้ความสูงของคลื่น P300 ในข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงขึ้น

ส่วนของความกว้างของคลื่น P300 ปรากฏว่า ข้อสอบง่ายมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง ซึ่งในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ผู้สอบต้องใช้ความคิด และอาศัยกระบวนการทางสมอง ประสบการณ์ ความรู้ที่ได้ศึกษามา ความยามยาม และการหยั่งรู้ เพื่อตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหานั้น ผู้สอบบางคนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เนื่องจากไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ขาดความกระตือรือร้น มีความเครียดสูง ไม่คุ้นเคยกับปัญหาลักษณะนั้น นอกจากนี้คนสองคนอาจจะคิดได้คำตอบที่เหมือนกัน แต่วิธีการคิดแตกต่างกัน (สิริพร ทิพย์คง, 2544, หน้า 28-29)

Burapha University มหาวิทยาลัยบูรพา

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า ตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบด้านเลขคณิต มีจำนวน 12 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz และ Cz ซึ่งจุดอิเล็กโตรดอยู่ในบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านเลขคณิตของมนุษย์ โดยมีต้นกำเนิดมาจากสมองอย่างเห็นได้ชัดจากการกระตุ้นในบริเวณเซลล์สมองที่อยู่ด้านหน้ากลีบกลางของสมอง (Precentral) สมองส่วนหน้ากลีบหน้า (Prefrontal) สมองกลีบหน้า (Frontal) และสมองกลีบข้าง (Parietal) ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางด้านเลขคณิต (Arithmetic Processing) (Pauli et al., 1996, p. 522; Dehaene et al., 2004, p. 218; Zamarian et al., 2009) โดยกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับกระบวนการคิดคำนวณในสมองกลีบข้าง และสมองส่วนหน้ากลีบหน้าเป็นจุดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผลกระทบจากด้านขนาดของโจทย์ปัญหา (Kong et al., 1999, p. 169) นอกจากนี้ในบริเวณ O1 และ O2 ที่อยู่ในตำแหน่งสมองกลีบท้ายทอย (Occipital) ยังเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้านการมองเห็น ถ้าผู้สอบให้ความสนใจ (Attention) กับโจทย์ปัญหานั้นก็จะสะท้อนให้เห็นการทำงานที่เชื่อมโยงกันระหว่างสมองกลีบหน้า (Frontal) และสมองกลีบข้าง (Parietal) (Taylor & Thut, 2012, p. 124)

2. ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน ปรากฏว่า ความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 3 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ P3 O1 และ Pz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้สอบกลุ่มอ่อน และกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง ส่วนความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 และ O1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผู้สอบกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มเก่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย มีประเด็นการอภิปรายผลดังนี้

จากผลการวิจัยระดับความสามารถของผู้สอบ ได้จำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน ผู้สอบกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มเก่งในขณะทดสอบด้านเลขคณิต เนื่องจากผู้สอบกลุ่มอ่อนต้องใช้ทรัพยากรในการประมวลผลเพิ่มขึ้น รวมถึงการใช้หน่วยความจำที่เพิ่มขึ้นตามขนาดการทำงานหน่วยความจำที่เพิ่มขึ้น สิ่งนี้เป็นความคิดที่เป็นผลลัพธ์จากผลการประมวลผลและการใช้หน่วยความจำ (Houlihan et al., 1998, p. 9) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พอลลิ และคณะ (Pauli et al., 1996) ที่กล่าวว่าศักย์ไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์เป็นคุณลักษณะที่มีคลื่นซับซ้อนทางด้านบวก ความกว้างของคลื่นช้าด้านบวกและความสูงของคลื่นก่อนการตอบสนองที่บริเวณส่วนสมองกลีบข้าง (Parietal) แสดงถึงผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงแบบแผนเกี่ยวกับการปฏิบัติและความยากของโจทย์ปัญหา ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการคิดคำนวณมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของหน่วยความจำขณะทำงาน (Working Memory)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนของความกว้างของคลื่น P300 ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มเก่ง ซึ่งความกว้างของคลื่น P300 เกิดจากกระประมวลผลที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนอง ทำให้การวัดความกว้างของคลื่น P300 นำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการวัดเวลาการตอบสนองในการศึกษาทางจิตวิทยาเกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล ถ้าผู้สอบที่มีความสามารถสูงการประมวลผลข้อมูลก็จะเร็วกว่าผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ (Jensen, 1987) ซึ่งจะทำให้ความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบที่มีความสามารถสูงสั้นกว่าผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ ความกว้างของคลื่น P300 จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประเมินโดยตรง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการประมวลผล และสติปัญญา (Houlihan et al., 1998, pp. 10-11) ดังที่กล่าวว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีการเชื่อมโยงความรู้อย่างเป็นระบบแบบแผน มากกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และมีระบบความคิดของการเชื่อมโยงความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาที่นำไปสู่ความสำเร็จได้มากกว่า (Lawson & Chinnappan, 2000)

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า ตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบด้านเลขคณิตมีจำนวน 3 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ P3 O1 และ Pz ซึ่งจุดอิเล็กโตรดอยู่ในบริเวณสมองที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Davis et al. (2009) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของเซลล์ประสาทของความสามารถในการคำนวณของเด็ก: การศึกษาด้วยเครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (Functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์ประสาทของทักษะในการคำนวณ และอิทธิพลของอายุที่มีต่อความสัมพันธ์ดังกล่าวในกลุ่มผู้ใหญ่และกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยเกินกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถทางคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างทำภารกิจการคำนวณเลขทั้งแบบง่ายและซับซ้อนในขณะที่อยู่ในเครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ เด็กจะคล้ายกับผู้ใหญ่ที่มีการกระตุ้นโครงข่ายประสาทในสมองกลีบหน้า (Frontal) และสมองกลีบข้าง (Parietal Lobes) ระหว่างการคำนวณเลข และระดมพื้นที่สมองเพิ่มเติมในภารกิจที่ซับซ้อน นอกจากนี้ในบริเวณ O1 ที่อยู่ในตำแหน่งสมองกลีบท้ายทอย (Occipital) ยังเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ด้านการมองเห็น ถ้าผู้สอบให้ความสนใจ (Attention) กับโจทย์ปัญหานั้น ก็จะสะท้อนให้เห็นการทำงานที่เชื่อมโยงกันระหว่างสมองกลีบหน้า (Frontal) และสมองกลีบข้าง (Parietal) (Taylor & Thut, 2012, p. 124)

3. มีผลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างระดับความยากของข้อสอบกับระดับความสามารถของผู้สอบต่อความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตที่จุดอิเล็กโตรด Fp2 และ Pz ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย มีประเด็นการอภิปรายผลดังนี้

เนื่องจากบางครั้งการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ERP) ที่จุดอิเล็กโตรด Fp2 อาจจะมีสัญสัญญาณรบกวนที่ได้มาจากการเคลื่อนไหวของลูกตา (Eye Movements) หรือ การกระพริบตา (Blinks) ซึ่งสัญญาณรบกวน (Artifacts) นี้ในบางครั้งอาจส่งผลให้การวิเคราะห์และการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ERP) เปลี่ยนแปลงไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดังเช่น คลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้จากการวางจุดอิเล็กโตรดบริเวณสมองกลีบหน้า (Frontal lode) ซึ่งเป็นบริเวณที่ใกล้ลูกตาคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ อาจจะมีสัญญาณรบกวนจากการกระพริบตา (Eye-blink Artifacts) ปะปนมาด้วย (Jung et al., 2000, p. 1745)

ค่าความยากของข้อสอบกับระดับความสามารถของผู้สอบ ในการทดสอบข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย แสดงให้เห็นว่าผู้สอบกลุ่มปานกลางจะมีความแตกต่างในเรื่องความกว้างของคลื่น P300 ในจุดอิเล็กโตรด Fp2 และ Pz ซึ่งเป็นจุดอิเล็กโตรดที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางด้านเลขคณิต (Arithmetic Processing) ในเรื่องของความเร็วในการประมวลผลและสติปัญญา ซึ่งความเร็วในการประมวลผลทางด้านเลขคณิต อาจเกิดจากข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ดังผลงานวิจัยของ ธัญญา งามจรรยาภรณ์ (2552) พบว่า นักเรียนที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ปานกลาง (กลุ่มปานกลาง) มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านทักษะการคำนวณด้านการแก้ปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผลอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความวิตกกังวล เป็นความรู้สึกเตรียมพร้อมเพื่อเผชิญกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นและความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่ไม่คุ้นเคย ภาวะเช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อบุคคลตระหนักว่ามีบางสิ่งบางอย่างที่เป็นอันตรายต่อตนเองแต่ยังไม่สามารถกำจัดสิ่งนั้นได้ เนื่องจากยังไม่ได้เกิดขึ้นจริง ๆ หากสิ่งนั้นเกิดขึ้นหรือบุคคลรับรู้อย่างชัดเจนแล้ว ความวิตกกังวลก็จะหมดไป เพราะไม่ต้องเตรียมพร้อมที่จะเผชิญปัญหา (Rycroft, 1978, p. 12) สิ่งที่กล่าวมานี้ อาจจะส่งผลที่ทำให้กลุ่มปานกลางมีความเร็วในการประมวลผลทางด้านเลขคณิตในทิศทางที่ไม่แน่นอน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. นักวิจัย และผู้สนใจสามารถนำรูปแบบ (Pattern) คลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม (Task) ที่อธิบายกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาด้านเลขคณิตของเด็กไทยไปใช้ในการจำแนกกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. นักวิจัย และผู้สนใจสามารถนำรูปแบบคลื่นไฟฟ้าสมองขณะแก้โจทย์ปัญหาด้านเลขคณิตไปเป็นแนวทางในการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. นักการศึกษา และนักวิจัยได้ทราบข้อมูลและมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของสรีระการทำงานของสมองทางประสาทวิทยาที่ได้มาจากการสังเกตพฤติกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลทางพฤติกรรมที่สะท้อนการทำงานของสมอง และสามารถนำมาเชื่อมโยงเป็นทฤษฎี เพื่อไปพัฒนากระบวนการเรียนการสอน รวมถึงวิธีสอน หรือนวัตกรรมที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถสูงสุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีผลกระทบต่อการตอบสนองเมื่อเห็นผลลัพธ์ หรือเมื่อได้รับการตอบสนองกลับ

2. ควรมีการศึกษาปรากฏการณ์ของคลื่นไฟฟ้าหลังเห็นโจทย์ปัญหา และเมื่อทำการคิดคำนวณด้วยวิธีการตรวจสอบคลื่นไฟฟ้าชนิดแบบคลื่นช้าบวก (Slow Wave)

3. ควรมีการศึกษารูปแบบคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบด้านเลขคณิตในแต่ละเครื่องหมายดำเนินการ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหาร เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University