

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต จำแนกตามความยากของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ และศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความยากของข้อสอบกับความสามารถของผู้สอบที่มีต่อความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงและความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ

ความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ มีดังนี้

X_n	หมายถึง	ค่าใหม่ของตัวแปร X
X_0	หมายถึง	ค่าปัจจุบันของตัวแปร X
$X_{\max}$	หมายถึง	ค่าสูงสุดของชุดข้อมูล
$X_{\min}$	หมายถึง	ค่าต่ำสุดของชุดข้อมูล
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
F	หมายถึง	การทดสอบเอฟ (F-test)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
SS	หมายถึง	ผลรวมคะแนนเบี่ยงเบนแต่ละตัวยกกำลังสอง (Sum of Squares)
MS	หมายถึง	ความแปรปรวน (Mean of Squares)
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็น

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ดังตารางที่ 6 และที่ 7

ตารางที่ 6 จำนวนข้อสอบของที่ใช้ในการทดสอบด้านเลขคณิต จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ

แบบทดสอบเลขคณิต	ค่าความยากของข้อสอบ			รวม (ข้อ)
	ข้อสอบยาก	ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	ข้อสอบง่าย	
ด้านการบวก	5	5	5	15
ด้านการลบ	5	5	5	15
ด้านการคูณ	5	5	5	15
ด้านการหาร	5	5	5	15
รวม	20	20	20	60

หมายเหตุ แบบทดสอบทุกข้อมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 60 ข้อ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ๆ ละ 15 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็นข้อสอบยากจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 11, 12, 13, 14, 15 เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลางจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 6, 7, 8, 9, 10 และจำนวนข้อสอบง่ายจำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 3, 4, 5 รายละเอียดของค่าความยากของข้อสอบรายข้อ ปรากฏในภาคผนวก ข

ตารางที่ 7 จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกตามระดับความสามารถ

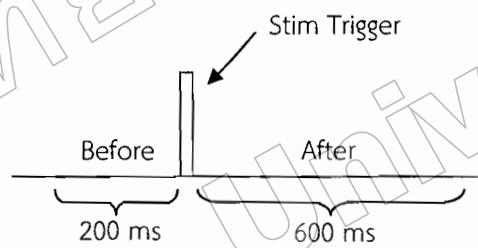
ระดับความสามารถของผู้สอบ	เพศ		รวม
	เพศชาย	เพศหญิง	
กลุ่มเก่ง	5	5	10
กลุ่มปานกลาง	5	5	10
กลุ่มอ่อน	5	5	10
รวม	15	15	30

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นกลุ่มเก่ง มีชาย 5 คน หญิง 5 คน กลุ่มปานกลาง มีชาย 5 คน หญิง 5 คน และกลุ่มอ่อน มีชาย 5 คน หญิง 5 คน รวมทั้งหมด 30 คน

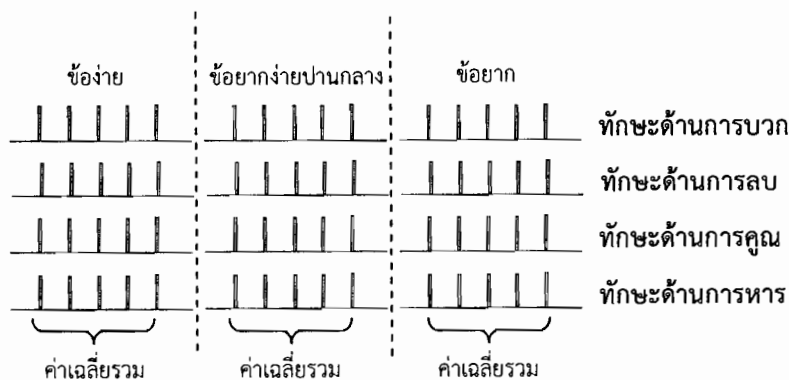
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงและความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG Signal Processing) โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ทำการปรับเปลี่ยนจุดกึ่งกลางของคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยระเบียบวิธี Remove Mean
2. ทำการประมวลผลสัญญาณทางดิจิทัล โดยวิธีการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ที่จุดตัดความถี่ เท่ากับ 20 Hz
3. ตัดคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงเวลาก่อน 200 มิลลิวินาที (ms) และหลังจากสิ่งเร้า (Stimulus) ปรากฏ 600 มิลลิวินาที (ms) ในแต่ละข้อ (1 Trial)



4. นำช่วงเวลาของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบด้านเลขคณิตแต่ละข้อที่ได้จากข้อ 3 มาหาค่าเฉลี่ยรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองของทุกจุดอิเล็กโทรดที่ได้จากการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ค่าเฉลี่ยรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบข้อง่าย ค่าเฉลี่ยรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบข้อยากง่ายปานกลาง และค่าเฉลี่ยรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทดสอบข้อยาก



5. นำค่าเฉลี่ยรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองของทุกจุดอิเล็กโทรด มาหาค่าความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต

6. นำค่าความสูงของคลื่น P300 มาทำการแปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในช่วงใหม่ที่เป็นเลขจำนวนจริง 0 ถึง 1 โดยวิธีการทำนอร์มอลไลซ์ (Normalization) ข้อมูลแบบ Min-Max Normalization (Jain & Bhandare, 2011, p. 48) ดังสมการต่อไปนี้

$$X_n = \frac{X_0 - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

7. นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 6 ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ผู้วิจัยนำความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ที่ได้จัดกระทำข้อมูลเรียบร้อยแล้ว มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงและความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ 3 ระดับ ได้แก่ ข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย และระดับความสามารถของผู้สอบ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS ตามคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ได้จากเครื่องวัดสัญญาณรุ่น EEG 100C, MP150 BIOPAC ประเทศสหรัฐอเมริกา และหมวกอิเล็กโทรดที่อ้างอิงระบบมาตรฐานสากล 10-20 จำนวน 15 จุดอิเล็กโทรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 C4 P3 P4 O1 O2 F7 F8 Fz Cz และ Pz โดยนำเสนอ ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ

ผู้วิจัยขอนำเสนอเฉพาะจุดอิเล็กโทรดที่มีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 เท่านั้น จำนวน 13 จุด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz Cz และ Pz โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ และความสามารถของผู้สอบ และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรดตำแหน่งต่าง ๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp1

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.28	0.14	0.33	0.31	0.37	0.30	0.32	0.25
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.18	0.09	0.21	0.11	0.27	0.27	0.22	0.17
ข้อสอบยาก	0.49	0.22	0.50	0.22	0.58	0.14	0.52	0.20
รวม	0.32	0.20	0.34	0.25	0.41	0.27	0.36	0.24

จากตารางที่ 8 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp1

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.49 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.18 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.28

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.50 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.21 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.33

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.58 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.27 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.37

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.32

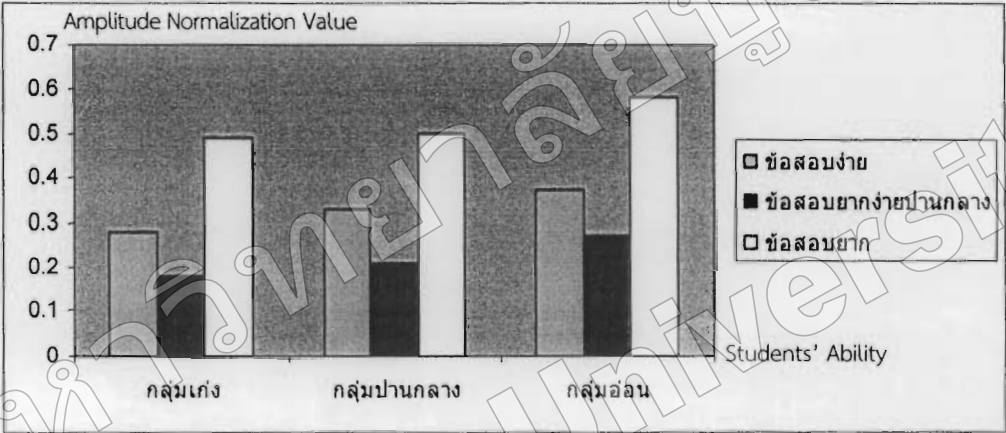
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.34

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.41

ในขณะทดสอบข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น
P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปาน
กลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยากง่าย
ปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และ
ข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.36

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของ
ข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Fp1

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Fp1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	1.40	2	0.70	15.16*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.14	2	0.07	1.49	0.23
A x B	0.04	4	0.01	0.02	0.99
ความคลาดเคลื่อน	3.73	81	0.05		
รวม	16.65	90			

*p < .05

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโตรด Fp1 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) จุดอิเล็กโตรด Fp1

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยาก	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง
	M	0.52	0.32	0.22
ข้อสอบยาก	0.52	-	0.20*	0.30*
ข้อสอบง่าย	0.32	-	-	0.10
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.22	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางและข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp2

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		0.21	0.07	0.25	0.11	0.30	0.31	0.25	0.19
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		0.46	0.14	0.29	0.16	0.45	0.32	0.40	0.23
ข้อสอบยาก		0.56	0.10	0.41	0.28	0.52	0.17	0.49	0.20
รวม		0.41	0.18	0.32	0.20	0.42	0.28	0.38	0.23

จากตารางที่ 11 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp2

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.56 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.46 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.21

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.41 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.29 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.25

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.52 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.45 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.31

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.41

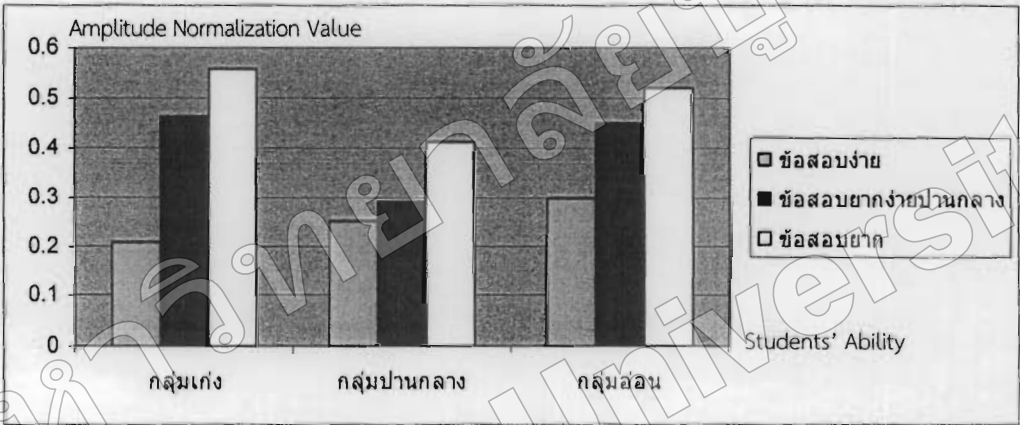
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.32

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.42

ในขณะทดสอบข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น
P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่าย ปานกลาง
กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย
กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบ
ยากง่ายปานกลาง

ดังนั้นในขณะที่ทำกิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.38

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทำกิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Fp2

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Fp2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.90	2	0.45	10.82*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.20	2	0.10	2.40	0.10
A x B	0.13	4	.003	0.77	0.54
ความคลาดเคลื่อน	3.38	81	0.04		
รวม	17.72	90			

*p < .05

จากตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Fp2 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิเล็กโทรด Fp2

ค่าความยากของข้อสอบ	M	ข้อสอบยาก	ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง	ข้อสอบง่าย
		0.50	0.40	0.25
ข้อสอบยาก	0.50	-	0.10	0.25*
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.40	-	-	0.15*
ข้อสอบง่าย	0.25	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ F3

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		0.24	0.11	0.40	0.26	0.34	0.21	0.33	0.21
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		0.40	0.13	0.51	0.24	0.41	0.28	0.44	0.22
ข้อสอบยาก		0.19	0.11	0.29	0.28	0.29	0.16	0.26	0.19
รวม		0.28	0.14	0.40	0.27	0.35	0.22	0.34	0.22

จากตารางที่ 14 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ F3

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.19 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.40 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.24

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.29 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.51 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.40

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมี ความสูงเฉลี่ย
0.29 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.41 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.34

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.28

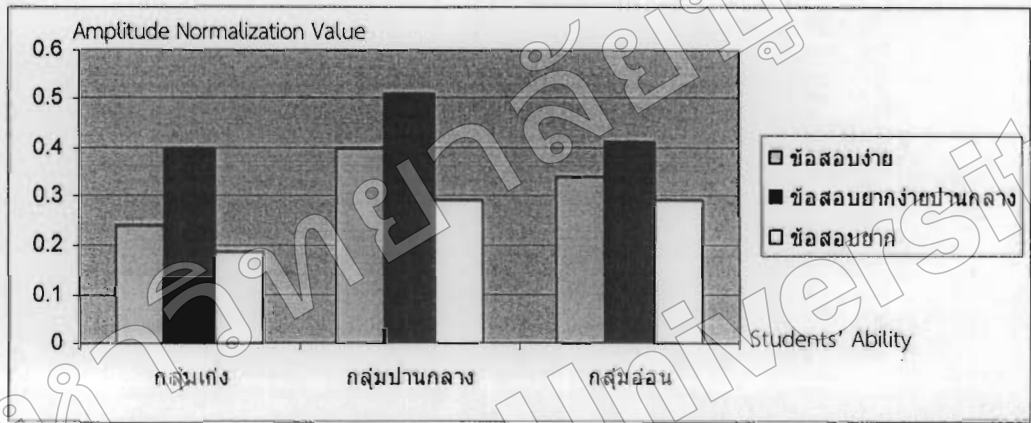
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.40

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.35

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และ
ข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำกิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.34

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำกิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด F3

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด F3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.50	2	0.25	5.81*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.23	2	0.12	2.67	0.07
A x B	0.05	4	0.01	0.28	0.89
ความคลาดเคลื่อน	3.51	81	0.04		
รวม	14.77	90			

*p < .05

จากตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็คโตรด F3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็คโตรด F3

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
	M	0.44	0.33	0.26
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.44	-	0.11	0.18*
ข้อสอบง่าย	0.33	-	-	0.07
ข้อสอบยาก	0.26	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ F4

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.40	0.12	0.53	0.20	0.46	0.26	0.46	0.20
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.45	0.08	0.45	0.20	0.48	0.27	0.46	0.19
ข้อสอบยาก	0.18	0.10	0.35	0.25	0.33	0.16	0.29	0.19
รวม	0.34	0.15	0.44	0.22	0.42	0.23	0.40	0.21

จากตารางที่ 17 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ F4

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.18 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.45 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.40

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.33 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.48 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.53

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.58 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.27 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.46

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.34

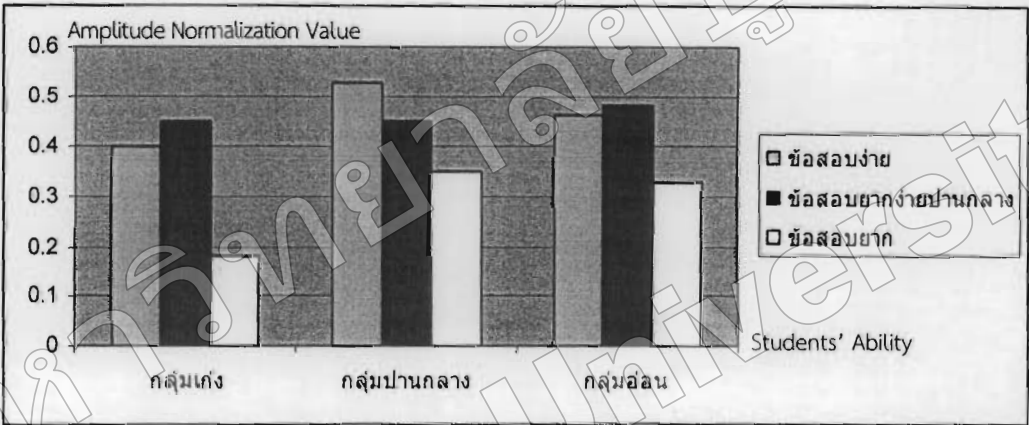
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.44

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.42

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และ
กลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 เฉลี่ยเท่ากัน และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน
มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 เท่ากับ 0.40

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิสระ F4

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิสระ F4

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.61	2	0.31	8.19*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.17	2	0.08	2.26	0.11
A x B	0.10	4	0.03	0.67	0.61
ความคลาดเคลื่อน	3.01	81	0.04		
รวม	18.60	90			

*p < .05

จากตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่ายมีความสูงของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็คโตรด F4 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็คโตรด F4

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
M		0.46	0.46	0.29
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.46	-	0.00	0.17*
ข้อสอบง่าย	0.46	-	-	0.18*
ข้อสอบยาก	0.29	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ C3

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.23	0.12	0.37	0.31	0.26	0.15	0.29	0.21
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.46	0.17	0.56	0.29	0.48	0.24	0.50	0.23
ข้อสอบยาก	0.42	0.18	0.52	0.29	0.49	0.22	0.48	0.23
รวม	0.37	0.18	0.48	0.30	0.41	0.23	0.42	0.24

จากตารางที่ 20 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ C3

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.42 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.46 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.23

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.52 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.56 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.37

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.58 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.27 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.37

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.37

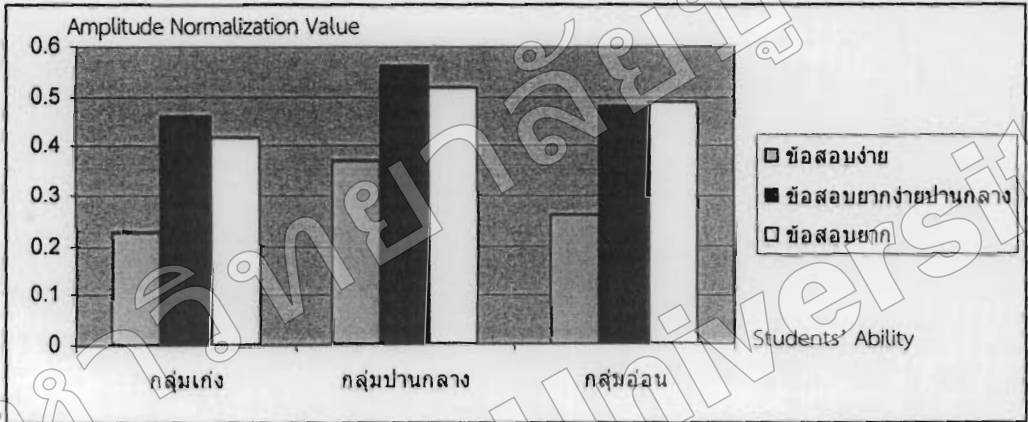
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.48

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.41

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่าย
ปานกลาง

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 เท่ากับ 0.42

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด C3

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด C3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.81	2	0.41	7.92*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.20	2	0.10	1.90	0.16
A x B	0.02	4	0.01	0.11	0.98
ความคลาดเคลื่อน	4.16	81			
รวม	21.15	90			

*p < .05

จากตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิสระ C3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิสระ C3

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง	ข้อสอบยาก	ข้อสอบง่าย
	M	0.50	0.48	0.29
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.50	-	0.02	0.21*
ข้อสอบยาก	0.48	-	-	0.19*
ข้อสอบง่าย	0.29	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.24	0.15	0.41	0.28	0.39	0.21	0.35	0.22
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.54	0.16	0.65	0.22	0.57	0.26	0.59	0.22
ข้อสอบยาก	0.40	0.09	0.54	0.34	0.52	0.17	0.49	0.23
รวม	0.39	0.18	0.54	0.29	0.49	0.22	0.47	0.24

จากตารางที่ 23 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.40 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.54 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.24

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.54 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.65 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.41

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.52 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.57 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.39

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.39

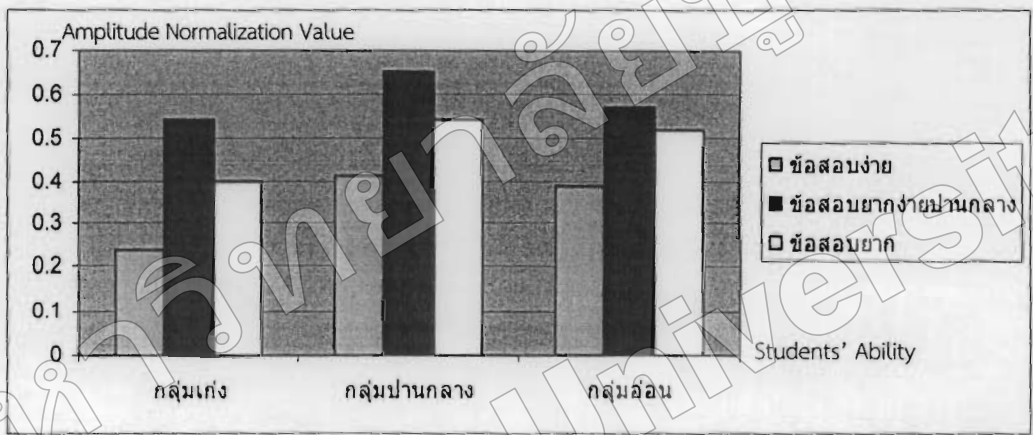
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.54

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.49

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่าย
ปานกลาง

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.47

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด P3

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด P3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.87	2	0.43	8.84*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.31	2	0.16	3.18*	0.04
A x B	0.04	4	0.01	0.20	0.94
ความคลาดเคลื่อน	3.97	81	0.05		
รวม	25.42	90			

*p < .05

จากตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3. ผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ดังตารางที่ 25 และที่ 26

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบยาก	ข้อสอบง่าย
	M	0.59	0.49	0.35
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.59	-	0.10	0.24*
ข้อสอบยาก	0.49	-	-	0.14
ข้อสอบง่าย	0.35	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 26 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิลีกโตรด P3

ระดับความสามารถ	M	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง
		0.54	0.49	0.40
กลุ่มปานกลาง	0.54	-	0.05	0.14*
กลุ่มอ่อน	0.49	-	-	0.09
กลุ่มเก่ง	0.40	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบรายคู่ ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิลีกโตรด P4

ความสามารถ ของข้อสอบ		ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		0.37	0.20	0.55	0.25	0.39	0.27	0.44	0.25
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		0.67	0.18	0.61	0.21	0.62	0.26	0.63	0.22
ข้อสอบยาก		0.28	0.15	0.46	0.25	0.39	0.18	0.38	0.21
รวม		0.44	0.24	0.54	0.24	0.47	0.26	0.48	0.25

จากตารางที่ 27 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิลีกโตรด P4

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.28 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.67 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.37

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่มีความสูงของคลิ่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.46 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.61 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.55

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่มีความสูงของคลิ่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.39 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.62 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.39

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.44

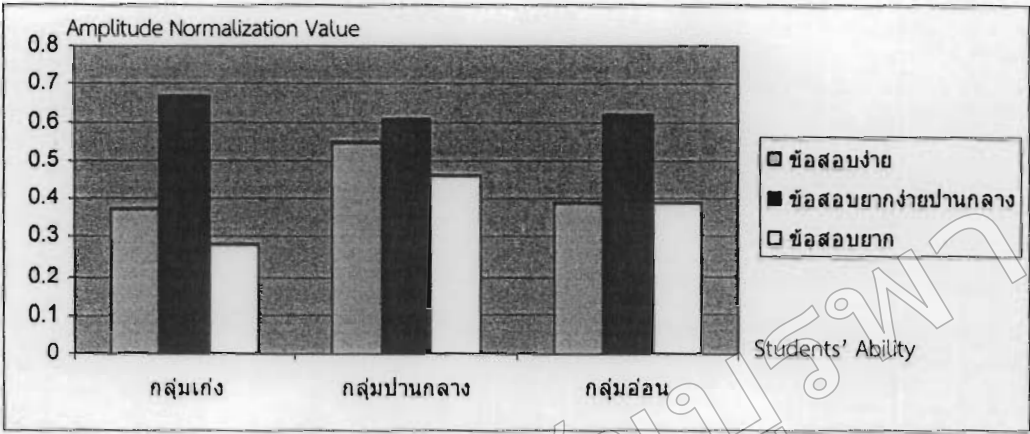
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.54

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.47

ในขณะที่ทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลิ่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลิ่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลิ่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 เท่ากับ 0.48

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300ในขณะทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด P4

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด P4

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	1.07	2	0.53	10.95*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.16	2	0.08	1.59	0.21
A x B	0.23	4	0.06	1.19	0.32
ความคลาดเคลื่อน	3.95	81	0.05		
รวม	26.43	90			

*p < .05

จากตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน

3. ผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ
ไม่มีผลต่อความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P4 แตกต่างกัน อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ
โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P4

ค่าความยากของข้อสอบ	M	ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
		0.63	0.44	0.38
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.63	-	0.19*	0.25*
ข้อสอบง่าย	0.44	-	-	0.06
ข้อสอบยาก	0.38	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300
มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ความสามารถ ของผู้สอบ ความยาก ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.21	0.21	0.45	0.31	0.46	0.33	0.37	0.30
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.58	0.16	0.63	0.25	0.63	0.24	0.61	0.22
ข้อสอบยาก	0.24	0.10	0.41	0.34	0.37	0.18	0.34	0.23
รวม	0.34	0.23	0.49	0.31	0.49	0.27	0.44	0.28

จากตารางที่ 30 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.24 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.58 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.21

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.41 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.63 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.45

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.37 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.63 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.46

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.34

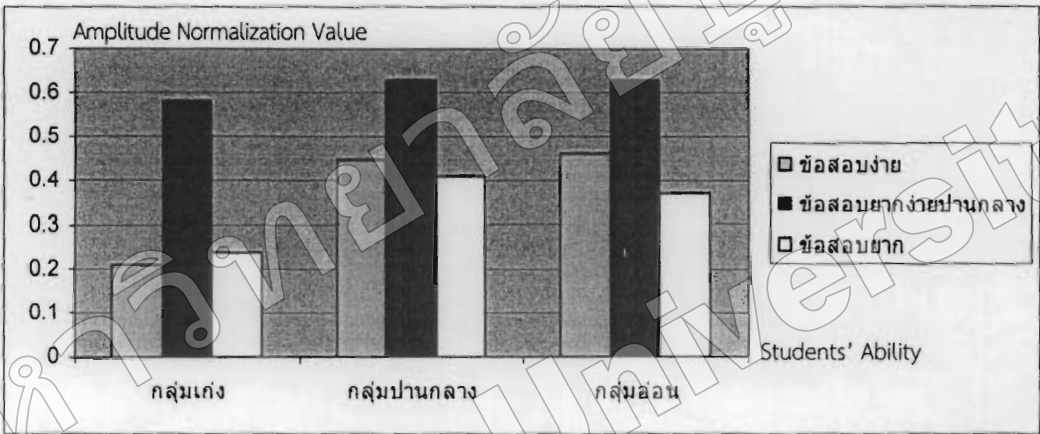
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.49

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.49

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และ
ข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.44

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด O1

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด O1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	1.319	2	0.66	10.77*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.45	2	0.22	3.66*	0.03
A x B	0.13	4	0.03	0.54	0.70
ความคลาดเคลื่อน	4.96	81	0.06		
รวม	24.38	90			

*p < .05

จากตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยกลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ดังตารางที่ 32 และที่ 33

ตารางที่ 32 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
	M	0.61	0.37	0.34
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.61	-	0.24*	0.27*
ข้อสอบง่าย	0.37	-	-	0.03
ข้อสอบยาก	0.34	-	-	-
* p < .05				

จากตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 33 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิลีกโตรด O1

ระดับความสามารถ	กลุ่มปานกลาง		
	M	0.49	0.49
กลุ่มปานกลาง	0.49	-	0.15*
กลุ่มอ่อน	0.49	-	0.15*
กลุ่มเก่ง	0.34	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบรายคู่ ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิลีกโตรด O2

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		0.33	0.20	0.51	0.26	0.41	0.21	0.42	0.23
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		0.52	0.11	0.57	0.22	0.50	0.22	0.53	0.18
ข้อสอบยาก		0.21	0.11	0.35	0.29	0.31	0.20	0.29	0.22
รวม		0.35	0.19	0.47	0.27	0.41	0.22	0.41	0.23

จากตารางที่ 34 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิลีกโตรด O2

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.21 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.52 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.33

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่มีความสูงของคลิ่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.35 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.57 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.51

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่มีความสูงของคลิ่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย 0.31 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.50 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.41

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.35

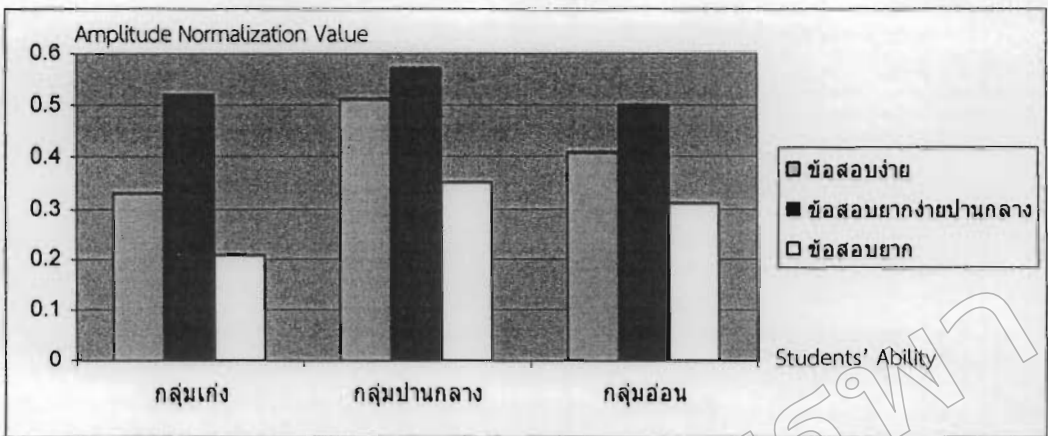
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.47

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลิ่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.41

ในขณะที่ทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลิ่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่ายกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลิ่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลิ่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 เท่ากับ 0.41

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด O2

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด O2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.88	2	0.44	10.01*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.23	2	0.11	2.58	0.08
A x B	0.06	4	0.02	0.36	0.83
ความคลาดเคลื่อน	3.58	81	0.04		
รวม	19.97	90			

* $p < .05$

จากตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน

3. ผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ
ไม่มีผลต่อความสูงของคลิ่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลิ่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O2 แตกต่างกัน อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ความสูงของคลิ่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ
โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O2

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
	M	0.53	0.42	0.29
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.53	-	0.11	0.24*
ข้อสอบง่าย	0.42	-	-	0.13
ข้อสอบยาก	0.29	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลิ่น P300
มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ F7

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความยาก	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		0.26	0.17	0.44	0.28	0.43	0.29	0.38	0.26
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		0.50	0.11	0.56	0.12	0.49	0.27	0.52	0.18
ข้อสอบยาก		0.41	0.16	0.43	0.30	0.44	0.15	0.43	0.20
รวม		0.39	0.18	0.48	0.24	0.46	0.24	0.44	0.22

จากตารางที่ 37 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ F7

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.41 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.50 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.26

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.43 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.56 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.44

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.44 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.49 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.43

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.39

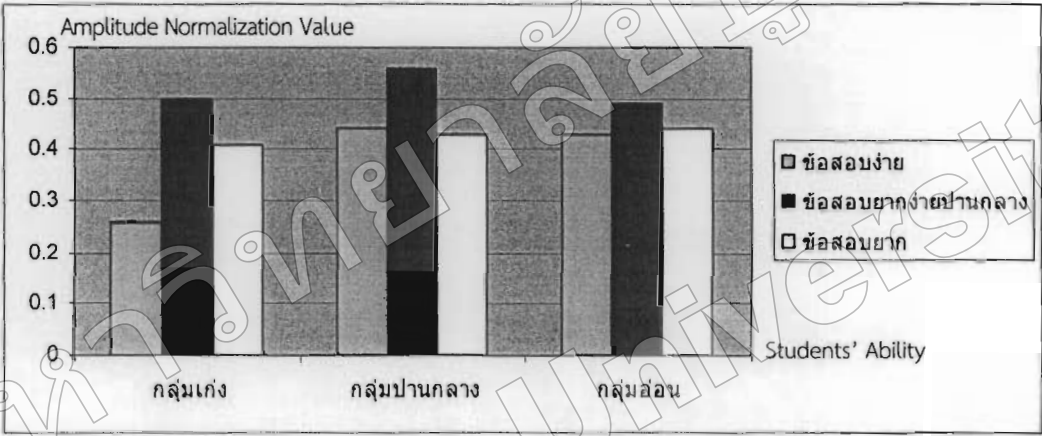
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.48

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.46

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปาน
กลาง

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.44

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด F7

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด F7

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.31	2	0.16	3.29*	0.04
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.13	2	0.07	1.36	0.26
A x B	0.12	4	0.03	0.64	0.64
ความคลาดเคลื่อน	3.86	81	0.05		
รวม	21.90	90			

*p < .05

จากตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโตรด F7 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิเล็กโตรด F7

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบยาก	ข้อสอบง่าย
	M	0.52	0.43	0.38
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.52	-	0.14*	0.09
ข้อสอบยาก	0.43	-	-	0.05
ข้อสอบง่าย	0.38	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fz

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ		ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
			กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย			0.17	0.11	0.35	0.27	0.26	0.20	0.26	0.21
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง			0.55	0.18	0.52	0.18	0.49	0.28	0.52	0.21
ข้อสอบยาก			0.36	0.15	0.57	0.22	0.52	0.12	0.48	0.19
รวม			0.36	0.21	0.48	0.24	0.42	0.23	0.42	0.23

จากตารางที่ 40 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fz

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.36 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.55 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.17

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.57 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.52 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.35

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.52 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.49 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.26

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.36

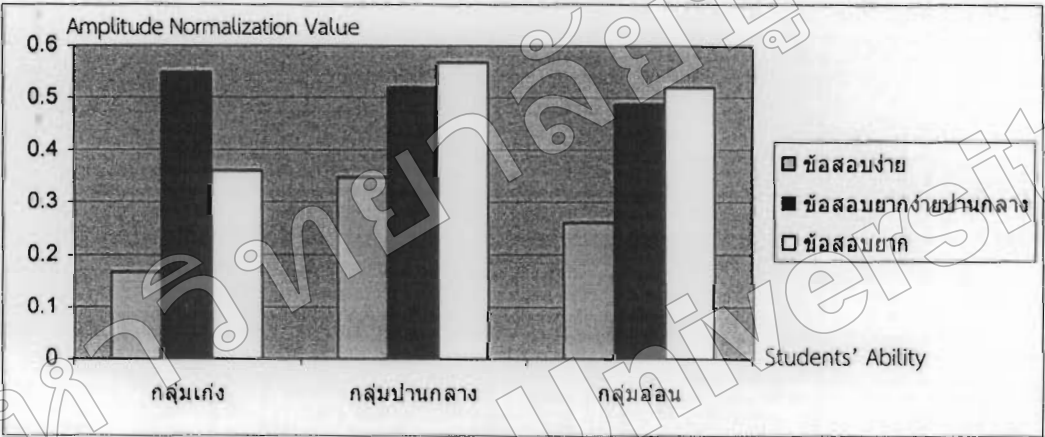
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.48

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.42

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่าย
ปานกลาง

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.42

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Fz

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Fz

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	1.17	2	0.58	14.90*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.21	2	0.11	2.71	0.07
A x B	0.20	4	0.05	1.29	0.28
ความคลาดเคลื่อน	3.17	81	0.04		
รวม	20.62	90			

*p < .05

จากตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโตรด Fz แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กโตรด Fz

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย		
		ปานกลาง	ข้อสอบยาก	ข้อสอบง่าย
	M	0.52	0.48	0.26
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.52	-	0.04	0.26*
ข้อสอบยาก	0.48	-	-	0.22*
ข้อสอบง่าย	0.26	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 43 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Cz

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.28	0.11	0.45	0.29	0.34	0.30	0.35	0.25
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.70	0.10	0.72	0.20	0.63	0.28	0.68	0.20
ข้อสอบยาก	0.21	0.28	0.16	0.09	0.13	0.07	0.17	0.17
รวม	0.39	0.29	0.37	0.31	0.37	0.31	0.40	0.30

จากตารางที่ 43 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Cz

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.21 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.70 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.28

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.16 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.72 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.45

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.13 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.63 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.34

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.39

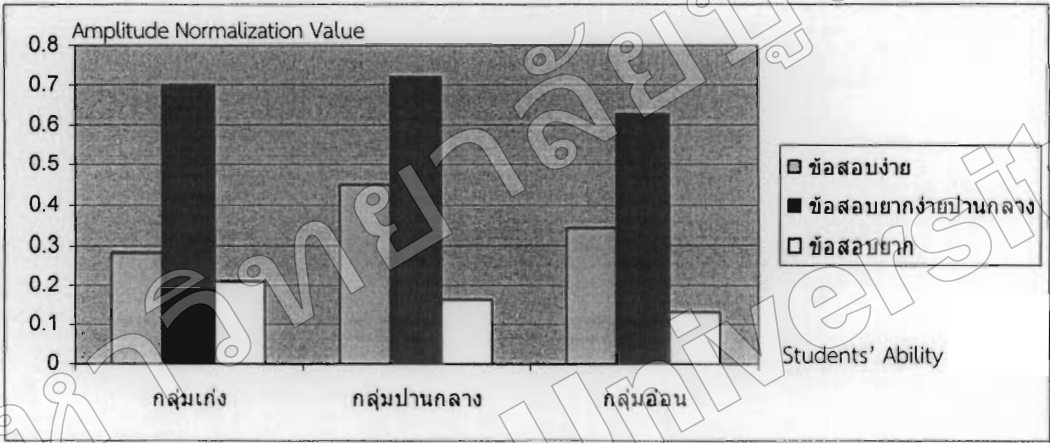
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.37

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.37

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และ
ข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.40

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Cz

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Cz

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	4.13	2	2.07	45.67*	0.00
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.09	2	0.04	0.95	0.39
A x B	0.13	4	0.03	0.74	0.57
ความคลาดเคลื่อน	3.67	81			
รวม	22.51	90			

*p < .05

จากตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่ายมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโตรด Cz แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ โดยใช้วิธีของแทมเฮน (Tamhane's T2) ณ จุดอิเล็กโตรด Cz

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบยากง่าย	ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก
		ปานกลาง		
	M	0.68	0.35	0.17
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.68	-	0.33*	0.51*
ข้อสอบง่าย	0.35	-	-	0.18*
ข้อสอบยาก	0.17	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 46 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Pz

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	0.25	0.18	0.42	0.26	0.44	0.25	0.37	0.24
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	0.40	0.17	0.47	0.26	0.37	0.19	0.42	0.21
ข้อสอบยาก	0.22	0.10	0.41	0.31	0.34	0.20	0.32	0.22
รวม	0.29	0.17	0.44	0.27	0.39	0.21	0.37	0.23

จากตารางที่ 46 แสดงค่าความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Pz

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.22 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.40 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.25

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูง
เฉลี่ย 0.41 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.47 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.42

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่มีความสูงของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความสูงเฉลี่ย
0.34 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความสูงเฉลี่ย 0.37 และข้อสอบง่ายมีความสูงเฉลี่ย 0.44

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.29

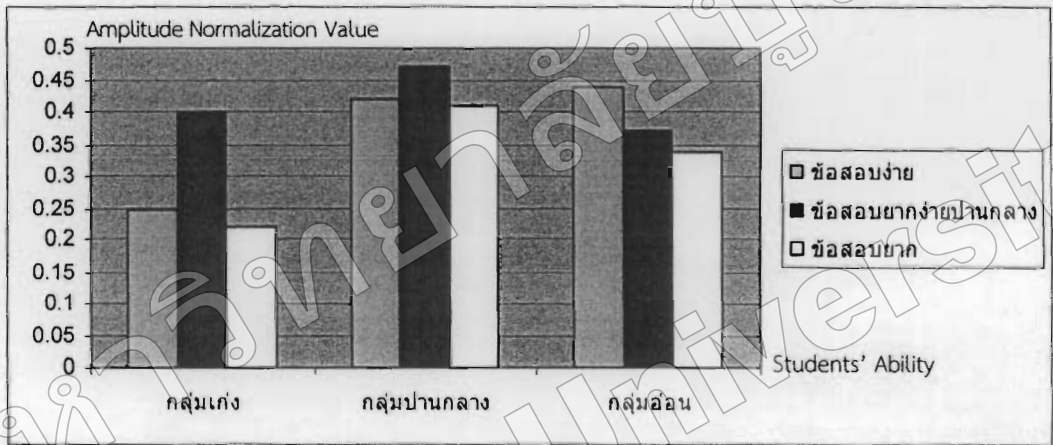
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.44

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความสูงของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความสูงเฉลี่ย 0.39

ในขณะทดสอบข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความสูง
ของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง
และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความสูงของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และ
ข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 0.37

เมื่อนำความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น
P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 กราฟแสดงความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Pz

ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Pz

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	0.13	2	0.06	1.27	0.29
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	0.32	2	0.16	3.26*	0.04
A x B	0.14	4	0.03		
ความคลาดเคลื่อน	3.99	81	0.05		
รวม	16.96	90			

*p < .05

จากตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยกลุ่มปานกลางมีความสูงของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความสูงของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ ณ จุดอิเล็กโตรด Pz แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความสูงของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กโตรด Pz

ระดับความสามารถ		กลุ่มปานกลาง	กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง
	M	0.44	0.39	0.29
กลุ่มปานกลาง	0.44	-	0.05	0.15*
กลุ่มอ่อน	0.39	-	-	0.10
กลุ่มเก่ง	0.29	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบรายคู่ ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มปานกลางมีความสูงเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300

จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ

ผู้วิจัยขอเสนอเฉพาะจุดอิเล็คโตรดที่มีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วผลการทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 เท่านั้น จำนวน 3 จุด ได้แก่ Fp1 P3 และ O1 โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตที่จำแนกตามความยากของข้อสอบ และความสามารถของผู้สอบ และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็คโตรดตำแหน่งต่าง ๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 49 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็คโตรด Fp1

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		454.40	94.45	410.80	81.67	475.20	50.90	446.80	79.93
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		399.60	79.54	408.00	81.87	462.40	94.42	423.33	87.24
ข้อสอบยาก		456.00	108.98	370.40	63.95	439.60	87.36	422.00	93.52
รวม		436.67	95.54	396.40	75.96	459.07	78.51	430.71	86.85

จากตารางที่ 49 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็คโตรด Fp1

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 456.00 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 399.60 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 454.40

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 370.40 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 408.00 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 410.80

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลัส P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 439.60 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 462.40 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 475.20

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลัส P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 436.67

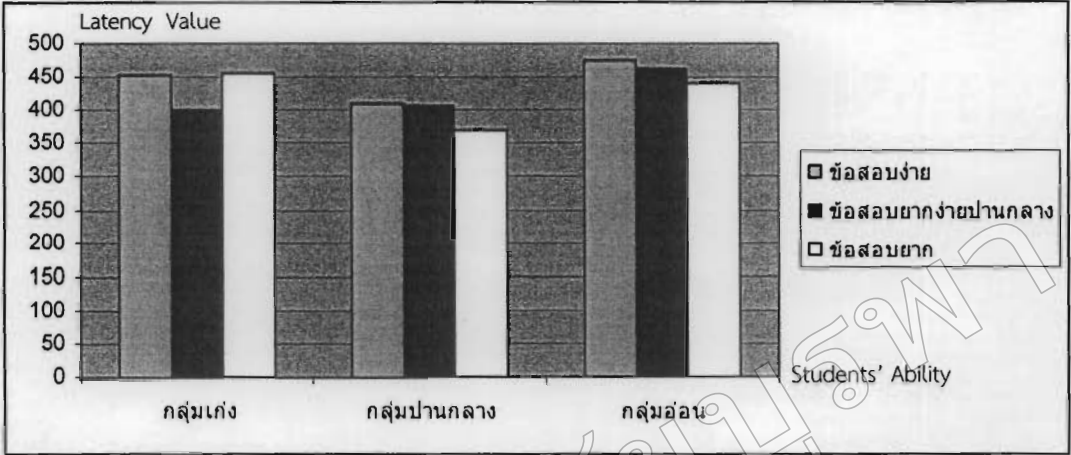
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลัส P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 396.40

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลัส P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 459.07

ในขณะที่ทดสอบข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลัส P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลัส P300 น้อยกว่าข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลัส P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความกว้างเฉลี่ยของคลัส P300 เท่ากับ 430.71

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลัส P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลัส P300 ในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจocomพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Fp1

ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Fp1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	11675.02	2	5837.51	0.82	0.44
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	60502.76	2	30251.38	4.27*	0.02
A x B	25629.51	4	6407.38	0.91	0.47
ความคลาดเคลื่อน	573515.20	81	7080.435		
รวม	17367408.00	90			

*p < .05

จากตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ
ไม่มีผลต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp1 แตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความกว้างของคลื่น P300 จำแนก
ตามระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถ
ผู้สอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp1

ระดับความสามารถ		กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง	กลุ่มปานกลาง
	M	459.07	436.67	396.40
กลุ่มอ่อน	459.07	-	22.40	62.67*
กลุ่มเก่ง	436.67	-	-	40.27
กลุ่มปานกลาง	396.40	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 51 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตาม
ระดับความสามารถผู้สอบรายคู่ ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มอ่อนมีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่า
กลุ่มปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 52 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp2

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	425.20	102.99	420.40	53.08	473.20	65.16	439.60	77.92
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	382.80	108.42	496.00	90.23	406.80	85.19	428.53	104.31
ข้อสอบยาก	480.80	113.75	445.00	125.47	430.80	76.20	452.20	105.64
รวม	429.60	112.34	453.80	96.50	436.93	78.43	440.11	96.20

จากตารางที่ 52 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Fp2

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 480.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 382.80 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
425.20

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 445.00 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 496.00 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
420.40

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 430.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 406.80 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
473.20

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 429.60

ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมี
ข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 453.80

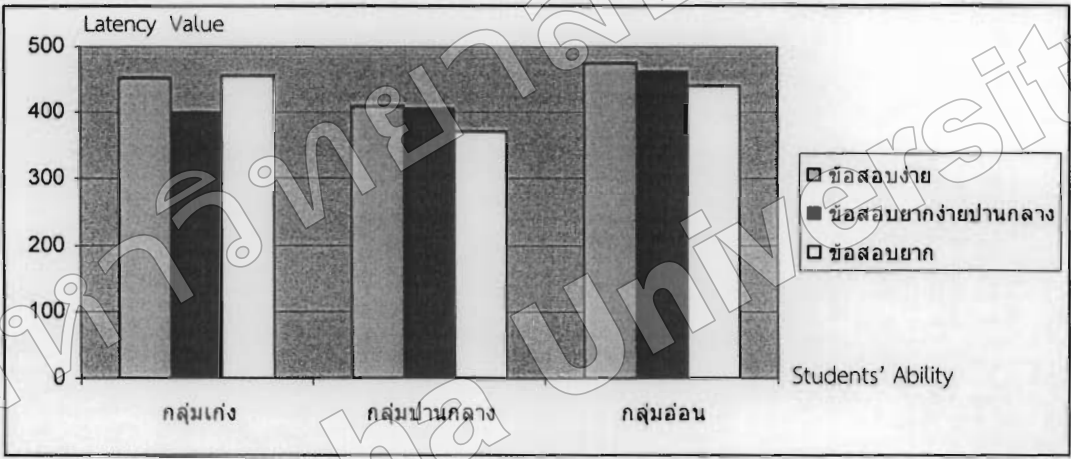
ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ
ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 436.93

ในขณะที่ทำการทดสอบข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของ
คลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย และข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่ม
ปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง

กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบ
ยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 440.11

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของ
คลื่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโตรด Fp2

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโตรด Fp2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	8413.42	2	4206.71	0.48	0.62
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	9239.02	2	4619.51	0.52	0.59
A x B	92244.44	4	23061.11	2.62*	0.04
ความคลาดเคลื่อน	713786.00	81	8812.17		
รวม	18256484.00	90			

*p < .05

จากตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- 1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
- 3. มีผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิต

ตารางที่ 54 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		478.00	74.65	468.80	51.22	459.20	86.45	468.67	70.17
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		372.40	104.77	446.40	76.32	420.00	79.95	412.93	90.38
ข้อสอบยาก		421.90	105.05	434.00	61.11	428.00	88.86	427.97	84.02
รวม		424.10	102.40	449.73	63.21	435.73	83.96	436.52	84.42

จากตารางที่ 54 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 421.90 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 372.40 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 478.00

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 434.00 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 446.40 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 468.80

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 428.00 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 420.00 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 459.20

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 424.10

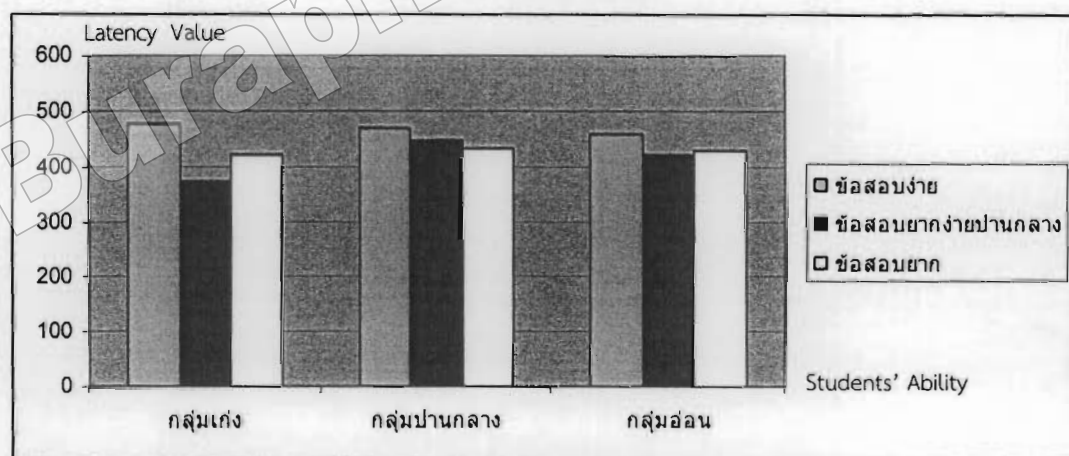
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมี ข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 449.73

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบ ยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 435.73

ในขณะที่ทดสอบข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 436.52

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของ คลื่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตาม ค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

ตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	49886.96	2	24943.48	3.65*	0.03
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	9884.02	2	4942.01	0.72	0.49
A x B	20744.58	4	5186.14	0.76	0.55
ความคลาดเคลื่อน	553780.90	81	6836.80		
รวม	17783945.00	90			

*p < .05

จากตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบง่ายมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 56

ตารางที่ 56 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของ
ข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดวิกฤต P3

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก	ข้อสอบยากง่าย
				ปานกลาง
	M	468.67	427.97	412.93
ข้อสอบง่าย	468.67	-	40.70	55.74*
ข้อสอบยาก	427.97	-	-	15.04
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	412.93	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่า
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 57 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดวิกฤต P4

ความยาก ของข้อสอบ	ความสามารถ ของผู้สอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
		กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย		447.60	56.83	473.20	57.20	455.60	36.88	458.80	50.58
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง		381.60	101.11	412.40	100.42	392.40	82.31	395.47	92.59
ข้อสอบยาก		404.80	88.10	466.80	89.18	436.40	85.13	436.00	88.26
รวม		411.33	85.77	450.80	85.93	428.13	74.15	430.09	82.82

จากตารางที่ 57 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดวิกฤต P4

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 404.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 381.60 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 447.60

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 466.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 412.40 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 473.20

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้างเฉลี่ย 436.40 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 392.40 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย 455.60

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 411.33

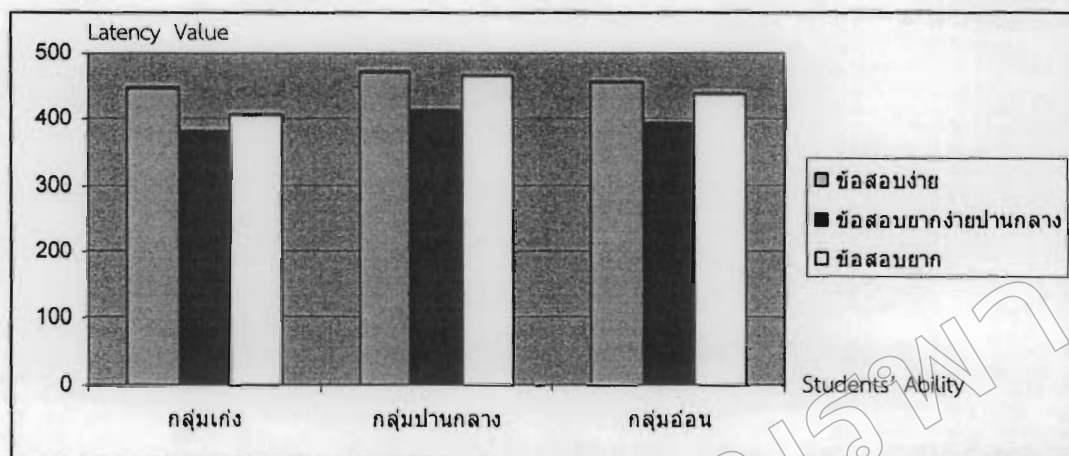
ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 450.80

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 428.13

ในขณะทดสอบข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 430.09

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด P4

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด P4

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	61739.02	2	30869.51	4.80*	0.01
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	23536.36	2	11768.18	1.83	0.17
A x B	4000.71	4	1000.18	0.16	0.96
ความคลาดเคลื่อน	521163.20	81	6434.11		
รวม	17258320.00	90			

* $p < .05$

จากตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

- ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยข้อสอบง่ายมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน

3. ผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ
ไม่มีผลต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบ
ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P4 แตกต่างกัน อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 59

ตารางที่ 59 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามค่าความยากของ
ข้อสอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ P4

ค่าความยากของข้อสอบ		ข้อสอบง่าย	ข้อสอบยาก	ข้อสอบยากง่าย ปานกลาง
M		458.80	436.00	395.47
ข้อสอบง่าย	458.80	-	22.80	63.33*
ข้อสอบยาก	436.00	-	-	40.53
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	395.47	-	-	-

* p < .05

จากตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตาม
ค่าความยากของข้อสอบรายคู่ ปรากฏว่า ข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่า
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 60 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	431.20	55.07	456.00	79.93	479.20	85.29	455.47	74.69
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	365.20	73.71	445.20	87.84	440.80	86.61	417.07	88.34
ข้อสอบยาก	404.00	76.50	422.40	48.38	460.80	51.18	429.07	62.73
รวม	400.13	72.13	441.20	72.85	460.27	75.19	433.87	76.83

จากตารางที่ 60 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 400.13 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 365.20 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
431.20

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 422.40 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 445.20 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
456.00

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 460.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 440.80 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
479.20

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 400.13

ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมี
ข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 441.20

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 460.27

ในขณะทดสอบข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น
P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยาก กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง

และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบง่าย และข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 433.87

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ตารางที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	23155.20	2	11577.60	2.16	0.12
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	56660.27	2	28330.13	5.29*	0.00
A x B	12110.93	4	3027.73	0.57	0.69
ความคลาดเคลื่อน	433424.00	81	5350.91		
รวม	17466976.00	90			

*p < .05

จากตารางที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต แตกต่างกัน โดยกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ไม่มีผลต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบ ขณะทดสอบด้านเลขคณิตจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบความแตกต่างของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถของผู้สอบ เป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ดังตารางที่ 62

ตารางที่ 62 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ของความกว้างของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบ โดยใช้วิธีของเชฟเฟ (Scheffe) ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ O1

ระดับความสามารถ		กลุ่มอ่อน	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มเก่ง
	M	460.26	441.20	400.13
กลุ่มอ่อน	460.26	-	19.06	60.13*
กลุ่มปานกลาง	441.20	-	-	41.07
กลุ่มเก่ง	400.13	-	-	-

* $p < .05$

จากตารางที่ 62 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 จำแนกตามระดับความสามารถผู้สอบรายคู่ ปรากฏว่า ผู้สอบกลุ่มอ่อนมีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มากกว่ากลุ่มเก่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 63 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิตจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ และระดับความสามารถของผู้สอบ
จำแนกแต่ละกลุ่ม ณ จุดอิเล็กทรอนิกส์ Pz

ความสามารถ ของผู้สอบ ของข้อสอบ	ความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิต							
	กลุ่มเก่ง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มอ่อน		รวม	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
ข้อสอบง่าย	451.60	81.85	449.60	42.00	478.40	68.62	459.87	65.32
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง	387.20	96.46	528.80	84.74	453.20	63.81	456.40	99.21
ข้อสอบยาก	437.20	106.72	416.80	76.12	434.40	108.59	429.47	95.27
รวม	425.33	96.38	465.07	82.83	455.33	81.98	448.58	87.98

จากตารางที่ 63 แสดงค่าความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ตามค่าความยากของข้อสอบและ
ระดับความสามารถของผู้สอบที่จุดอิเล็กทรอนิกส์ Pz

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มเก่งที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 437.20 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 387.20 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
451.60

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มปานกลางที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 416.80 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 528.80 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
449.60

ค่าความยากของข้อสอบที่กลุ่มอ่อนที่ความกว้างของคลื่น P300 ข้อสอบยากมีความกว้าง
เฉลี่ย 434.40 ข้อสอบยากง่ายปานกลางมีความกว้างเฉลี่ย 453.20 และข้อสอบง่ายมีความกว้างเฉลี่ย
478.40

ระดับความสามารถของกลุ่มเก่งมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 425.33

ระดับความสามารถของกลุ่มปานกลางมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมี
ข้อสอบยาก ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 465.07

ระดับความสามารถของกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น P300 โดยแบบทดสอบมีข้อสอบยาก
ข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย มีความกว้างเฉลี่ย 455.33

ในขณะทดสอบข้อสอบง่าย กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนมีความกว้างของคลื่น
P300 เฉลี่ย มากกว่าข้อสอบยาก และข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบยากง่ายปานกลาง กลุ่มเก่ง
กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบง่าย และข้อสอบยาก

กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าข้อสอบยากง่ายปานกลาง และข้อสอบง่าย

ดังนั้นในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารเลขทศนิยม ด้วยข้อสอบจำนวน 60 ข้อ
มีความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 เท่ากับ 448.58

เมื่อนำความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 มาจัดทำเป็นกราฟแท่งแสดงความกว้างเฉลี่ยของ
คลื่น P300 ในขณะที่ทำการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยาก
ของข้อสอบ ผลปรากฏดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 กราฟแสดงความกว้างเฉลี่ยของคลื่น P300 ในขณะที่ทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอ
คอมพิวเตอร์ จำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ ณ จุดอิเล็กโทรด Pz

ตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบ
ด้านเลขคณิต ณ จุดอิเล็กโทรด Pz

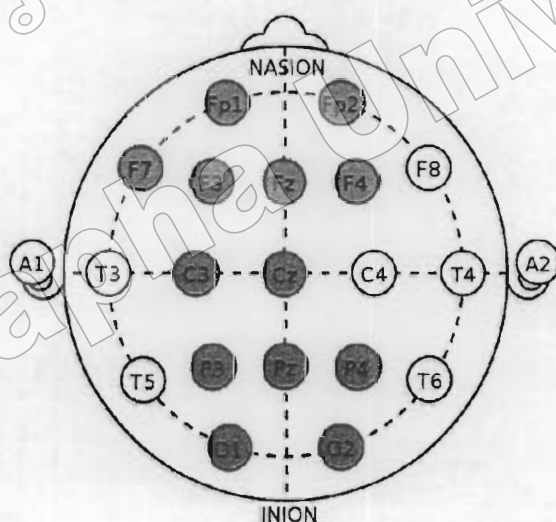
แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ค่าความยากของข้อสอบ (A)	16615.82	2	8307.91	1.19	0.31
ระดับความสามารถผู้สอบ (B)	25734.76	2	12867.38	1.84	0.16
A x B	82289.78	4	20572.44	2.95*	0.02
ความคลาดเคลื่อน	564337.60	81	6967.13		
รวม	18798960.00	90			

*p < .05

จากตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่า

1. ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
2. ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ไม่แตกต่างกัน
3. มีผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต

เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง สามารถสรุปได้ว่า ความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบขณะทดสอบด้านเลขคณิตที่จำแนกตามความยากของข้อสอบ และความสามารถของผู้สอบ พบว่า จุดอิเล็กโตรดที่มีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 13 จุดอิเล็กโตรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz Cz และ Pz ปรากฏดังภาพที่ 33

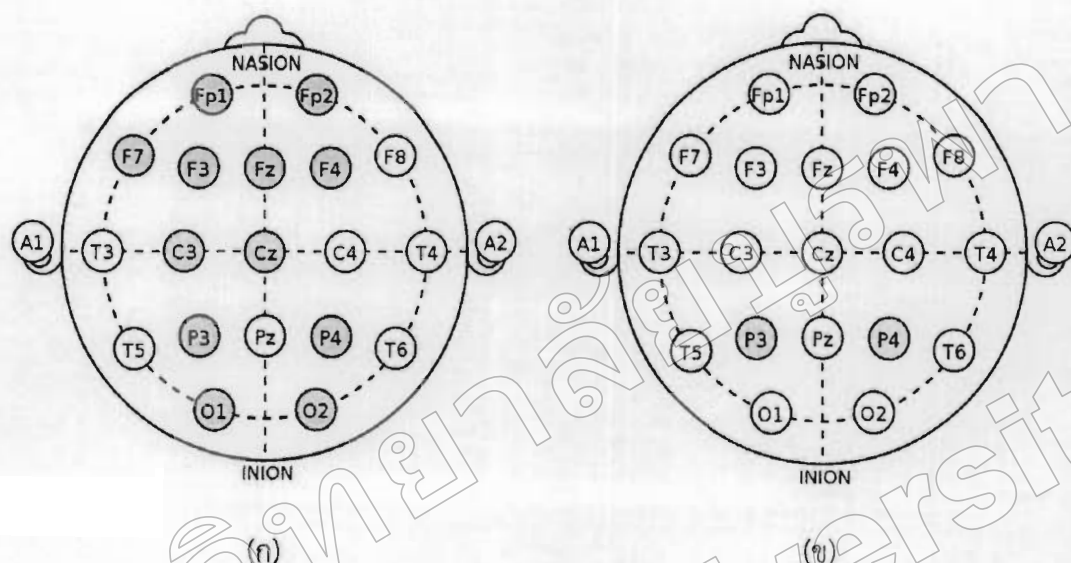


ภาพที่ 33 จุดอิเล็กโตรดที่มีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 แตกต่างกันในขณะที่ทำกิจกรรมการทดสอบด้านเลขคณิตทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

เมื่อนำจุดอิเล็กโตรดจากภาพที่ 33 มาจำแนกตามความยากของข้อสอบ และจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ สามารถแสดงรายละเอียด ได้ดังนี้

1. เมื่อจำแนกตามความยากของข้อสอบ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยากแตกต่างกัน ผู้สอบมีความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิตแตกต่างกัน ความสูงของคลื่น P300

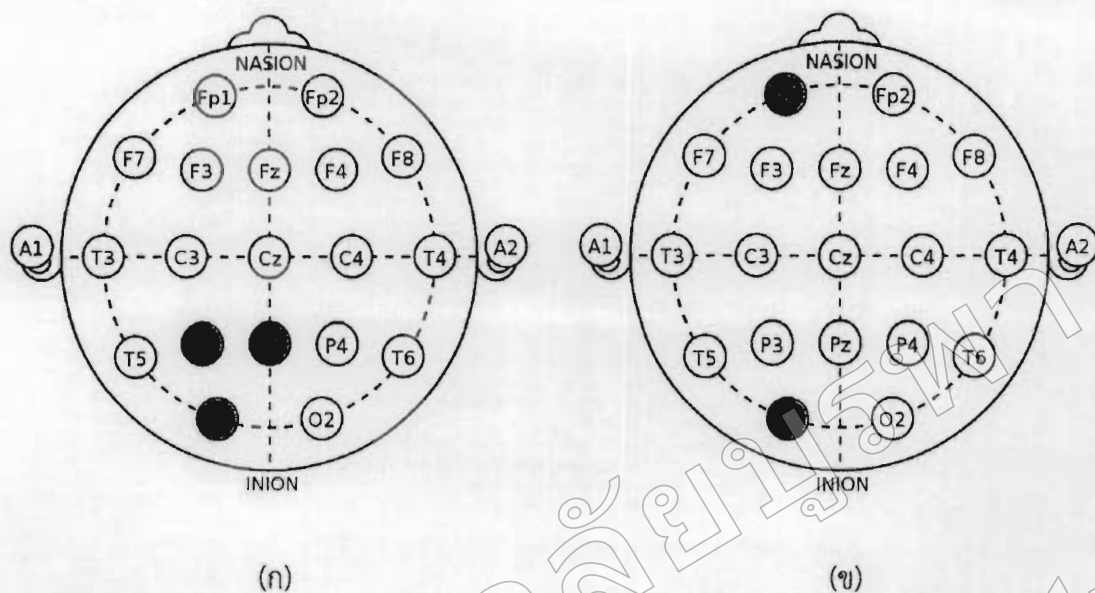
ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 12 จุดอิเล็กโทรด ได้แก่ Fp1 Fp2 F3 F4 C3 P3 P4 O1 O2 F7 Fz และ Cz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโทรด ได้แก่ P3 และ P4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 (ก) จุดอิเล็กโทรดที่มีความสูงของคลื่น P300 แตกต่างกัน เมื่อจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ

(ข) จุดอิเล็กโทรดที่มีความกว้างของคลื่น P300 แตกต่างกัน เมื่อจำแนกตามค่าความยากของข้อสอบ

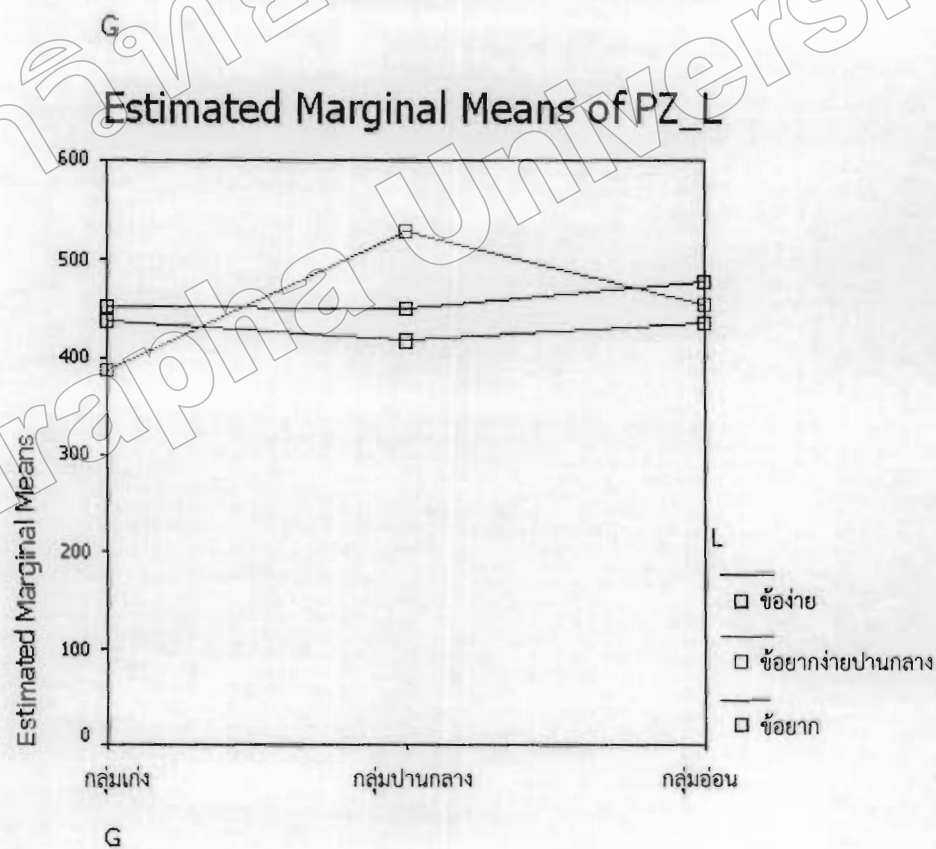
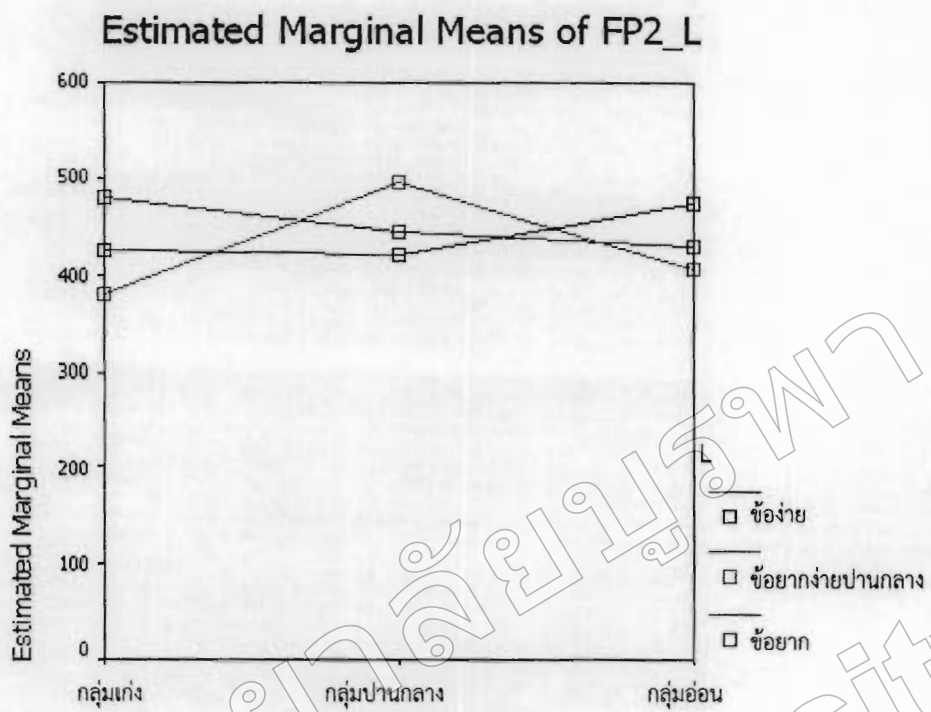
2. เมื่อจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ พบว่า ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ผู้สอบที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ความสูงและความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน ความสูงของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 3 จุดอิเล็กโทรด ได้แก่ P3 O1 และ Pz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความกว้างของคลื่น P300 ของผู้สอบแตกต่างกัน จำนวน 2 จุดอิเล็กโทรด ได้แก่ Fp1 และ O1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 (ก) จุดอิเล็กโทรดที่มีความสูงของคลื่น P300 แตกต่างกัน เมื่อจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ

(ข) จุดอิเล็กโทรดที่มีความกว้างของคลื่น P300 แตกต่างกัน เมื่อจำแนกตามความสามารถของผู้สอบ

3. มีผลปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบ ต่อความกว้างของคลื่น P300 ขณะทดสอบด้านเลขคณิต ที่จุดอิเล็กโทรด Fp2 และ Pz ปรากฏดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 กราฟแสดงผลปฏิกริยาร่วมกันระหว่างค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบต่อความกว้างของคลื่น P300 ที่จุดอิเล็กโทรด Fp2 และ Pz