

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุต่อการเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการศึกษาวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเปรียบเทียบอัตราการตอบข้อสอบถูกและค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ และเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์คลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จึงนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพันธ์คลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

M หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

SD หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

df หมายถึง องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

p หมายถึง ค่าความน่าจะเป็น (Probability)

t หมายถึง ค่าที่คำนวณได้จากสถิติทดสอบที (Dependent t-test)

ES หมายถึง ขนาดอิทธิพล (Effect Size)

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ประวัติการรักษา เช่น ประวัติการรักษาที่ศีรษะ การมองเห็น การได้ยินเสียง ความผิดปกติของร่างกาย ความผิดปกติด้านการเคลื่อนไหว โรคประจำตัว ประวัติเกี่ยวกับการรักษาทางจิต และความถนัดในการใช้มือ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (n = 16)	ร้อยละ
เพศ ชาย	4	25.00
หญิง	12	75.00
อายุ 17 ปี	16	100.00
กิจกรรมยามว่าง		
ออกกำลังกาย	4	25.00
เล่นดนตรี	2	12.50
ฟังเพลง	3	18.75
อ่านหนังสือ	2	12.50
เล่นเกมคอมพิวเตอร์	2	12.50
ดูโทรทัศน์	3	18.75
ประวัติการรักษา		
ไม่เคยรับการรักษาที่ศีรษะ	16	100.00
การมองเห็นปกติ	16	100.00
การได้ยินเสียง ปกติ	16	100.00
ไม่มีความผิดปกติทางร่างกาย	16	100.00
ไม่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย	16	100.00
ไม่มีโรคประจำตัว	16	100.00
ไม่มีประวัติเกี่ยวกับรักษาโรคทางจิต	16	100.00
ถนัดมือขวา	16	100.00

จากตารางที่ 4 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ส่วนเพศชายมีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 กลุ่มตัวอย่างมีอายุ 17 ปี มีกิจกรรมยามว่างเรียงลำดับความถี่จากมากไปน้อย ได้แก่ ออกกำลังกาย ดูโทรทัศน์ ฟังเพลง เล่นดนตรี เล่นเกมคอมพิวเตอร์และอ่านหนังสือ ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติการรักษาเจ็บที่ศีรษะ การมองเห็นปกติทุกคน การได้ยินเสียงปกติทุกคน ไม่มีความผิดปกติของร่างกาย และการเคลื่อนไหวปกติ ทุกคนไม่มีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรคทางจิต และทุกคนเป็นคนถนัดมือขวา

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อน กับหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

1. อัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ผลการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 ฉบับ
คิดคะแนนเป็นรายบุคคลและนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายกลุ่ม ข้อมูลอัตราการตอบข้อสอบถูก ก่อนและ
หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนและอัตราการตอบข้อสอบถูกก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

คน ที่	คะแนนการตอบข้อสอบก่อนฝึกสมอง					คะแนนการตอบข้อสอบหลังฝึกสมอง				
	ฉบับ 1 17 ข้อ	ฉบับ 2 17 ข้อ	ฉบับ 3 17 ข้อ	รวม 51 ข้อ	อัตรา การตอบ ถูก	ฉบับ 1 17 ข้อ	ฉบับ 2 17 ข้อ	ฉบับ 3 17 ข้อ	รวม 51 ข้อ	อัตรา การตอบ ถูก
1	6	6	6	18	.35	7	6	9	22	.43
2	4	5	8	17	.33	8	7	9	24	.47
3	5	7	10	22	.43	6	7	9	22	.43
4	4	8	5	17	.33	5	8	6	19	.37
5	4	2	5	11	.22	4	7	7	18	.35
6	6	9	3	18	.35	6	7	8	21	.41
7	4	7	4	15	.29	6	7	7	20	.39
8	6	7	9	22	.43	2	8	8	18	.35
9	4	6	3	13	.25	4	4	7	15	.29
10	7	5	8	20	.39	6	7	7	20	.39
11	2	5	5	12	.24	4	4	9	17	.33
12	5	3	3	11	.22	3	3	4	10	.20
13	4	5	8	17	.33	7	8	11	26	.51
14	2	6	6	14	.27	5	7	5	17	.33
15	6	4	6	16	.31	6	4	3	13	.25
16	5	4	2	11	.22	4	6	3	13	.25
M	4.63	5.56	5.69	15.88	.31	5.19	6.25	7.00	18.44	.36
SD	1.41	1.82	2.39	3.69	0.07	1.60	1.61	2.31	4.26	0.08

จากตารางที่ 5 นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุมีคะแนน
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เฉลี่ยเท่ากับ 15.88 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.69 และ

มีค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกเท่ากับ .31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.07 กลุ่มตัวอย่างหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุมีคะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เฉลี่ยเท่ากับ 18.44 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.26 และมีค่าเฉลี่ยอัตราการตอบถูกเท่ากับ .36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.08

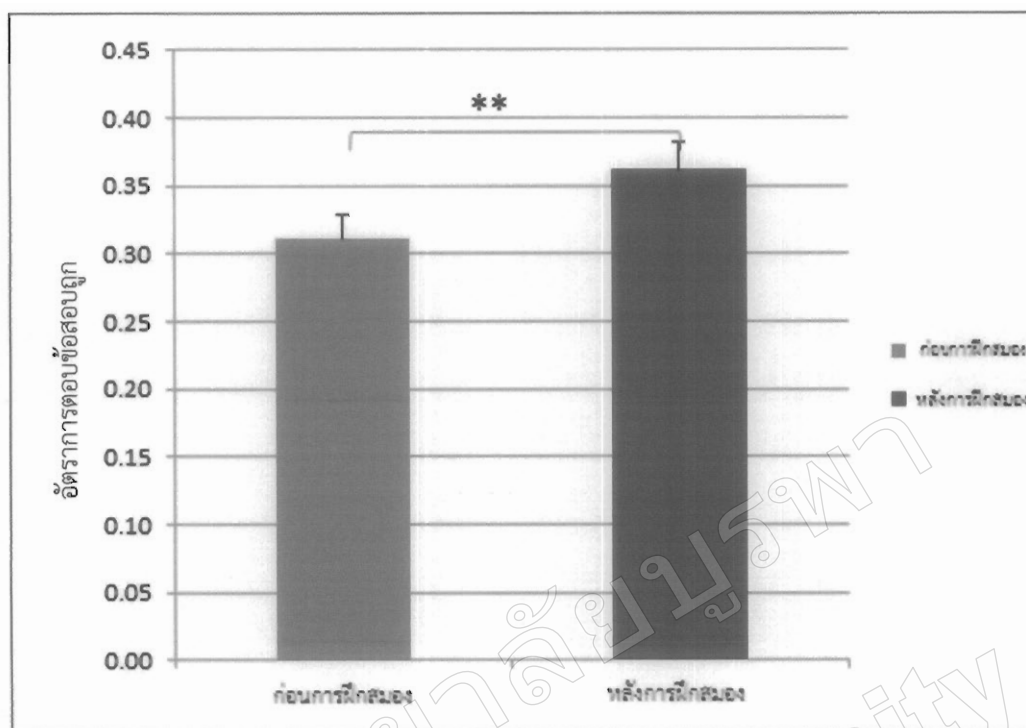
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ($n=16$)

การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean difference	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
ก่อนการฝึกสมอง	.31	0.07	.05	2.77**	.00	0.70
หลังการฝึกสมอง	.36	0.08				

หมายเหตุ: ** $p < .01$

จากตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบอัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าขนาดอิทธิพลของอัตราการตอบข้อสอบถูก เท่ากับ 0.70 แสดงว่ามีขนาดอิทธิพลปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 1 คือ อัตราการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุสูงกว่าก่อนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ แสดงเป็นกราฟแท่งเปรียบเทียบระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ดังภาพที่ 38



หมายเหตุ: ** หมายถึง $p < .01$

ภาพที่ 38 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยอัตราการตอบข้อสอบถูกของนักเรียนก่อนและหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

2. ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หน้าจอ จอคอมพิวเตอร์ มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูกของนักเรียนก่อนและหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกต้องก่อนและหลังการฝึกสมอง

คนที่	ค่าเฉลี่ยเวลา ก่อนการฝึกสมอง (มิลลิวินาที)				ค่าเฉลี่ยเวลา หลังการฝึกสมอง (มิลลิวินาที)			
	ฉบับ 1	ฉบับ 2	ฉบับ 3	รวม	ฉบับ 1	ฉบับ 2	ฉบับ 3	รวม
1	6192.50	6681.83	9793.17	7555.83	6263.00	6680.83	8923.67	7465.41
2	10427.50	10740.20	12006.50	11262.53	9414.75	9958.00	9761.78	9711.51
3	16274.20	12514.14	13209.80	13684.91	14278.50	12177.14	12933.44	13129.70
4	2843.50	9826.88	5477.20	6904.41	3825.00	9826.88	5635.00	6428.96
5	6787.25	5146.50	5924.00	6096.55	3637.75	2833.00	2950.67	3140.47
6	5718.33	7874.00	6646.00	6520.83	5561.33	7747.40	5768.20	6358.98
7	9553.25	12856.29	14066.75	12298.27	9640.17	15355.50	7276.00	10757.22
8	10968.83	10565.57	15125.22	12540.86	11561.00	10141.80	4045.75	8582.85
9	9203.50	9933.83	8522.00	9383.31	9156.75	8128.00	7188.86	8157.87
10	6891.00	9618.60	12483.25	9809.80	15005.50	9221.71	10571.57	11599.60
11	9877.00	6029.00	3669.60	5687.25	12151.00	5875.50	5327.44	7784.65
12	13471.80	13503.67	13139.00	13389.73	12919.00	13792.00	14230.75	13647.25
13	10257.25	12501.20	12033.13	11752.94	9793.40	12090.13	9293.18	10392.24
14	6900.00	10588.83	9846.67	14271.43	6750.60	6439.57	5673.00	6287.72
15	5024.33	10803.00	10286.33	8442.25	8102.67	4498.00	9622.33	7407.67
16	6563.00	15813.67	7239.00	10049.79	6868.25	6142.17	7190.06	6733.49
M	8559.64	10312.26	9966.10	9977.96	9053.70	8806.73	7953.20	8599.10
SD	3371.12	2853.66	3421.73	2876.00	3489.12	3423.92	3124.40	2781.29

หมายเหตุ: คำว่า “รวม” หมายถึง ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกต้องของการทดสอบทั้งสามฉบับ

จากตารางที่ 7 นักเรียนก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ่มีค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกต้องจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เท่ากับ 9977.96 มิลลิวินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2876.00 หลังจากนักเรียนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ่มีค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกต้องจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เท่ากับ 8599.10 มิลลิวินาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2781.29

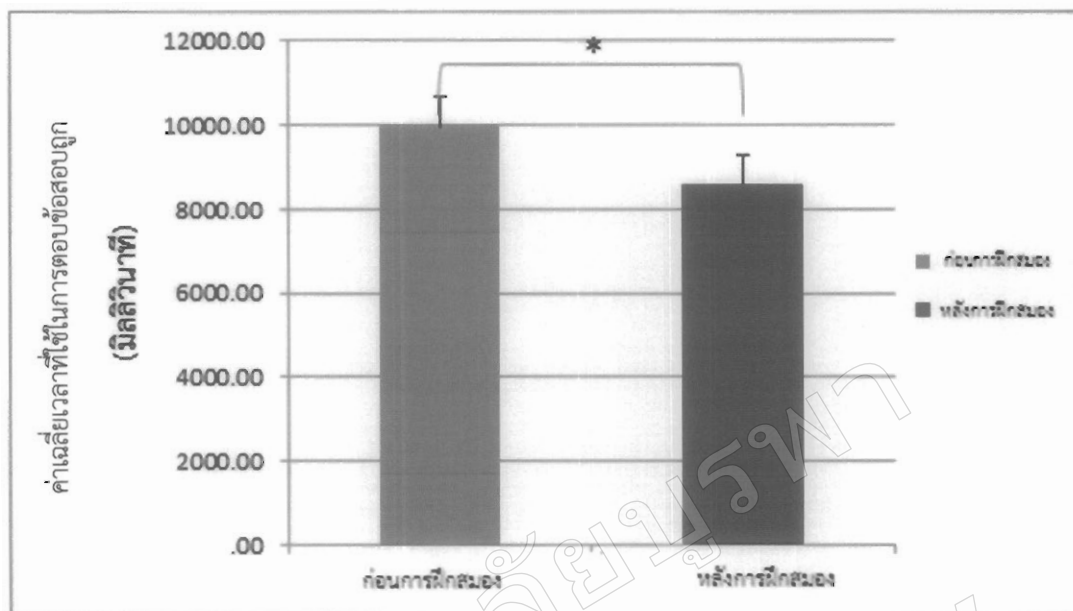
การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ($n=16$)

การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean difference	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
ก่อนการฝึกสมอง	9977.96	2876.00	1013.78	2.58*	.02	0.38
หลังการฝึกสมอง	8599.10	2781.29				

หมายเหตุ: * $p < .05$

จากตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกจากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนก่อนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุใช้เวลามากกว่าหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) เท่ากับ 0.39 แสดงว่ามีขนาดอิทธิพลปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 2 คือ ค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบข้อสอบถูกจากแบบทดสอบหน้าจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนหลังฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุน้อยกว่าก่อนฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ แสดงเป็นกราฟแท่งเปรียบเทียบระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ดังภาพที่ 39



หมายเหตุ: * $p < .05$

ภาพที่ 39 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ตอบข้อสอบถูกของนักเรียนก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพลังงานสัมพัทธ์คลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หน้าจอคอมพิวเตอร์ ด้วยการวิเคราะห์พลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power: RP) จำแนกตามช่วงความถี่ 5 ช่วง คือ Theta (3.60-7.21 Hz), Alpha 1 (7.41-9.42 Hz), Alpha 2 (9.61-12.41 Hz), Beta 1 (12.62-17.43 Hz), Beta 2 (17.63-25.04 Hz) จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, O1 และ O2 ปรากฏดังนี้

1. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพลังงานสัมพัทธ์ จำแนกตามช่วงความถี่จากตำแหน่งขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพลังงานสัมพันธ์ (RP) จำแนกตามช่วงความถี่และตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของนักเรียนก่อนและหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า	ค่าสถิติ	พลังงานสัมพันธ์ (RP)									
		Theta		Alpha 1		Alpha 2		Beta 1		Beta 2	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
F3	M	19.62	18.92	10.70	10.53	14.35	14.35	22.06	22.21	33.26	33.45
	SD	0.41	2.26	0.25	0.28	0.35	0.37	0.26	0.49	0.49	0.67
F4	M	19.51	18.78	10.62	10.55	14.34	14.51	22.14	22.15	33.39	33.5
	SD	0.61	2.19	0.30	0.30	0.53	0.52	0.29	0.40	0.67	0.77
Fz	M	19.69	19.00	10.64	10.52	13.94	13.93	22.05	22.12	33.67	33.89
	SD	0.61	2.23	0.24	0.30	0.23	0.34	0.16	0.43	0.96	0.83
C3	M	19.72	19.05	10.66	10.56	13.99	13.95	21.96	22.05	33.67	33.81
	SD	0.53	2.29	0.23	0.25	0.31	0.35	0.30	0.58	0.81	0.92
C4	M	19.52	18.97	10.60	10.49	13.97	13.83	22.03	22.09	33.88	34.07
	SD	0.75	2.29	0.34	0.38	0.5	0.47	0.45	0.44	1.22	1.29
Cz	M	19.69	19.03	10.71	10.57	13.99	13.94	22.04	22.18	33.57	33.71
	SD	0.48	2.23	0.21	0.21	0.20	0.29	0.37	0.60	0.58	0.72
P3	M	19.83	19.17	10.73	10.65	14.22	14.25	22.07	22.12	33.16	33.27
	SD	0.38	2.22	0.23	0.26	0.37	0.29	0.25	0.35	0.49	0.50
P4	M	19.50	18.98	10.74	10.63	14.31	14.36	22.33	22.36	33.12	33.14
	SD	0.41	2.18	0.26	0.30	0.38	0.42	0.32	0.45	0.53	0.58
Pz	M	20.01	20.00	10.68	10.73	14.38	14.62	21.78	21.45	33.16	32.53
	SD	1.01	2.87	0.43	1.06	0.90	1.00	0.65	1.12	1.75	3.71
O1	M	19.65	18.85	10.58	10.43	13.94	13.82	22.10	22.16	33.74	34.18
	SD	0.63	2.27	0.29	0.39	0.33	0.37	0.36	0.35	1.04	1.21
O2	M	19.83	19.20	10.79	10.65	14.06	13.98	22.02	22.14	33.31	33.46
	SD	0.40	2.25	0.21	0.27	0.27	0.38	0.37	0.49	0.45	0.84

จากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพลังงานสัมพันธ์ (RP) จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของนักเรียนก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ช่วงความถี่เรต้าค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 21.01 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.01 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 เท่ากับ 19.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 ช่วงความถี่แอลฟา 1 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O2 เท่ากับ 10.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21 ต่ำสุดที่ตำแหน่ง O1 เท่ากับ 10.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 ช่วงความถี่แอลฟา 2 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 14.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.93 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fz และ O1 เท่ากับ 13.94 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 และ 0.33 ตามลำดับ ช่วงความถี่เบต้า 1 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 เท่ากับ 22.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 21.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 ช่วงความถี่เบต้า 2 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C4 เท่ากับ 33.88 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.22 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 เท่ากับ 33.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

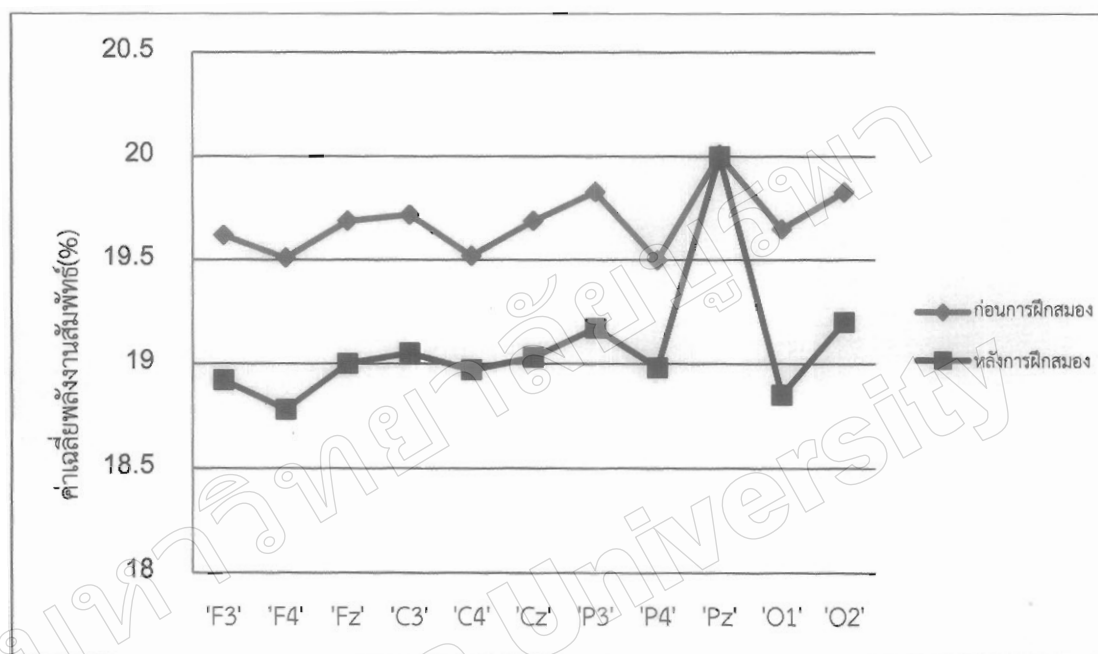
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพลังงานสัมพันธ์ (RP) จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของนักเรียนหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ช่วงความถี่เรต้าค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 20.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.87 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4 เท่ากับ 18.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.19 ช่วงความถี่แอลฟา1 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 10.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.06 ต่ำสุดที่ตำแหน่ง O1 เท่ากับ 10.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 ช่วงความถี่แอลฟา 2 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 14.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 เท่ากับ 13.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 ช่วงความถี่เบต้า 1 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 เท่ากับ 22.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 21.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.12 ช่วงความถี่เบต้า 2 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์สูงสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 เท่ากับ 34.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.21 ต่ำสุดที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Pz เท่ากับ 32.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.71

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกเป็นช่วงความถี่ต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่ต่ำ
ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
F3	ก่อน	19.62	.41	.70	15	1.32	.21
	หลัง	18.92	2.33				
F4	ก่อน	19.51	.61	.73	15	1.53	.15
	หลัง	18.78	2.26				
Fz	ก่อน	19.69	.61	.69	15	1.25	.23
	หลัง	19.00	2.30				
C3	ก่อน	19.72	.53	.67	15	1.17	.26
	หลัง	19.05	2.37				
C4	ก่อน	19.52	.75	.56	15	.93	.37
	หลัง	18.97	2.36				
Cz	ก่อน	19.69	.47	.66	15	1.20	.25
	หลัง	19.03	2.30				
P3	ก่อน	19.83	.38	.66	15	1.28	.21
	หลัง	19.17	2.29				
P4	ก่อน	19.50	.41	.51	15	1.02	.36
	หลัง	18.98	2.25				
Pz	ก่อน	20.01	1.01	.01	15	.01	.99
	หลัง	20.00	2.96				
O1	ก่อน	19.65	.63	.80	15	1.44	.17
	หลัง	18.85	2.34				
O2	ก่อน	19.83	.40	.62	15	1.12	.28
	หลัง	19.20	2.32				

จากตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ในช่วงความถี่เรตต่ำ ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ปรากฏว่า ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, O1 และ O2 ไม่แตกต่างกัน ผลการเปรียบเทียบแสดงเป็นกราฟเส้นได้ดังภาพที่ 40



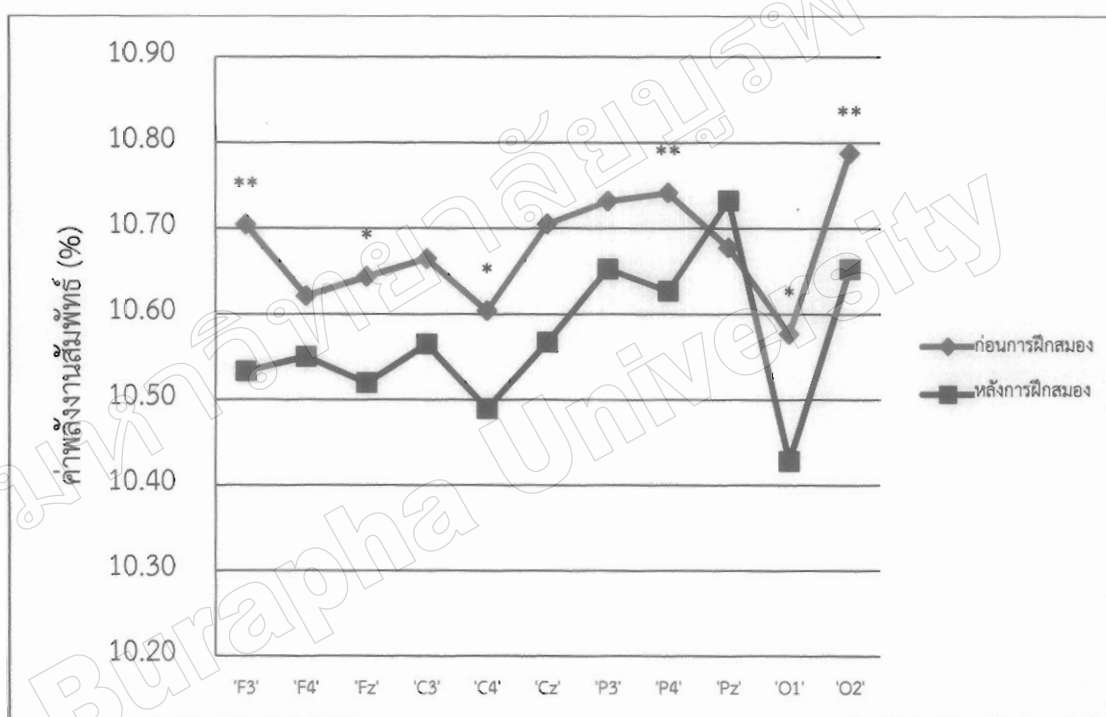
ภาพที่ 40 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่เรตต่ำ ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 1
ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
F3	ก่อน	10.70	0.25	0.17	15	3.04**	.00
	หลัง	10.53	0.28				
F4	ก่อน	10.62	0.3	0.07	15	1.39	.09
	หลัง	10.55	0.3				
Fz	ก่อน	10.64	0.24	0.12	15	1.80*	.05
	หลัง	10.52	0.3				
C3	ก่อน	10.66	0.23	0.1	15	1.68	.06
	หลัง	10.57	0.25				
C4	ก่อน	10.60	0.34	0.11	15	1.89*	.04
	หลัง	10.49	0.38				
Cz	ก่อน	10.71	0.21	0.14	15	3.46**	.00
	หลัง	10.57	0.21				
P3	ก่อน	10.73	0.23	0.08	15	1.68	.06
	หลัง	10.65	0.26				
P4	ก่อน	10.74	0.26	0.12	15	2.15*	.02
	หลัง	10.63	0.3				
Pz	ก่อน	10.68	0.43	-0.05	15	-0.23	.41
	หลัง	10.73	1.06				
O1	ก่อน	10.58	0.29	0.15	15	1.94*	.04
	หลัง	10.43	0.39				
O2	ก่อน	10.79	0.21	0.14	15	2.81**	.01
	หลัง	10.65	0.27				

หมายเหตุ: * $p < .05$, ** $p < .01$

จากตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 1 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุปรากฏว่า ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, Cz, P4, และ O2 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของนักเรียนหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุน้อยกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่ตำแหน่งส่วนตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fz, C4, และ O1 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของนักเรียนหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุน้อยกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน ผลเปรียบเทียบเขียนเป็นกราฟเส้นได้ดังภาพที่ 41



หมายเหตุ * $p < .05$, ** $p < .01$

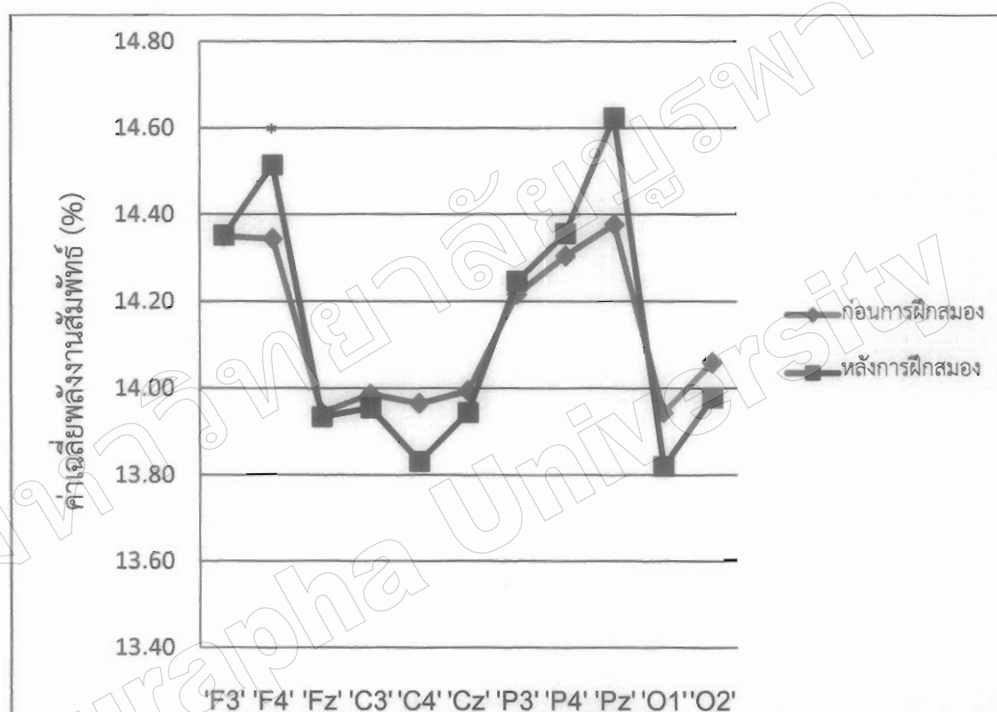
ภาพที่ 41 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 1 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 2
ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
F3	ก่อน	14.35	.37	.00	15	-.03	.49
	หลัง	14.35	.37				
F4	ก่อน	14.34	.55	-.17	15	-1.86*	.04
	หลัง	14.51	.52				
Fz	ก่อน	13.94	.24	.01	15	.19	.43
	หลัง	13.93	.34				
C3	ก่อน	13.99	.32	.03	15	.35	.37
	หลัง	13.96	.35				
C4	ก่อน	13.97	.52	.14	15	1.06	.15
	หลัง	13.83	.47				
Cz	ก่อน	13.99	.21	.05	15	.58	.28
	หลัง	13.94	.29				
P3	ก่อน	14.22	.39	-.03	15	-.45	.33
	หลัง	14.25	.29				
P4	ก่อน	14.31	.40	-.05	15	-.47	.32
	หลัง	14.36	.42				
Pz	ก่อน	14.38	.93	-.25	15	-.66	.26
	หลัง	14.62	1.00				
O1	ก่อน	13.94	.34	.13	15	1.49	.08
	หลัง	13.82	.37				
O2	ก่อน	14.06	.28	.08	15	.79	.22
	หลัง	13.98	.38				

หมายเหตุ: * $p < .05$

จากตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 2 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ปรากฏว่า ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุสูงกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, Fz, P3, P4, Pz, C3, C4, Cz, O1 และ O2 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุไม่แตกต่างกับก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ผลเปรียบเทียบแสดงเป็นกราฟเส้นได้ดังภาพที่ 42



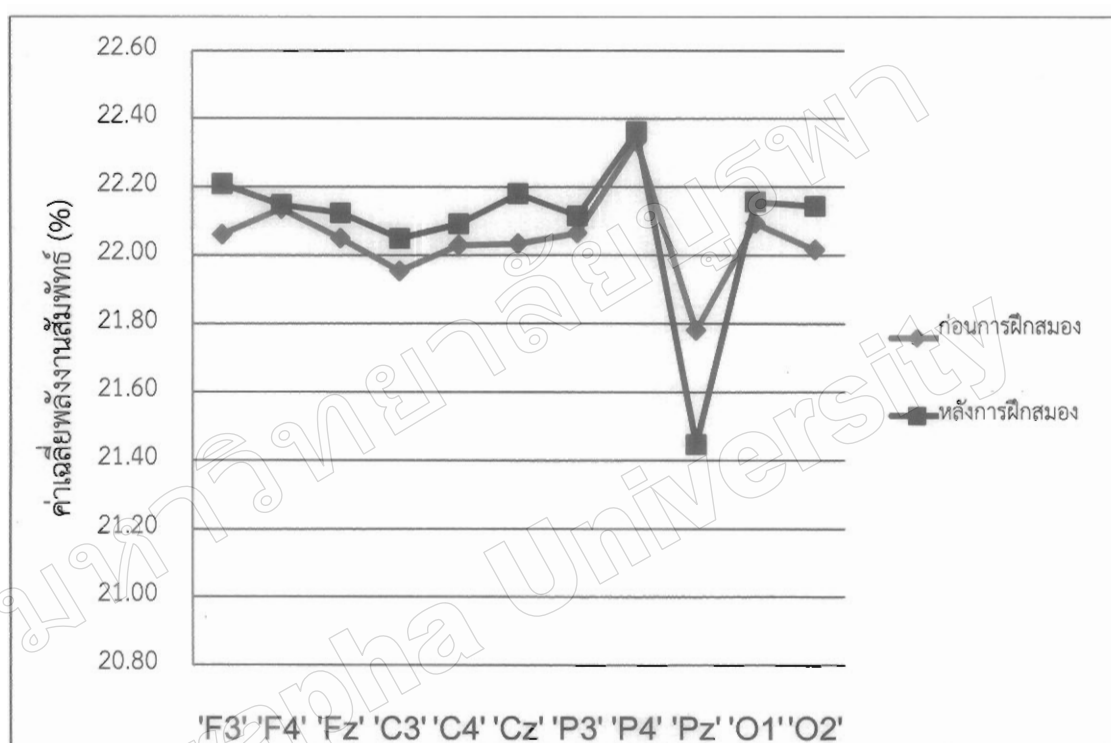
หมายเหตุ: * $p < .05$

ภาพที่ 42 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่แอลฟา 2 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของคลื่นเบต้า 1 ระหว่างก่อน
กับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	การทดลอง	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
F3	ก่อน	22.06	.27	-.15	15	-1.68	.06
	หลัง	22.21	.49				
F4	ก่อน	22.14	.30	-.01	15	-.15	.44
	หลัง	22.15	.39				
Fz	ก่อน	22.05	.16	-.07	15	-.89	.19
	หลัง	22.13	.43				
C3	ก่อน	21.96	.31	-.09	15	-.77	.23
	หลัง	22.05	.58				
C4	ก่อน	22.03	.47	-.06	15	-.90	.19
	หลัง	22.09	.45				
Cz	ก่อน	22.04	.38	-.14	15	-1.61	.06
	หลัง	22.18	.60				
P3	ก่อน	22.07	.26	-.05	15	-.69	.25
	หลัง	22.11	.35				
P4	ก่อน	22.33	.33	-.03	15	-.33	.37
	หลัง	22.36	.45				
Pz	ก่อน	21.78	.67	.34	15	1.20	.13
	หลัง	21.45	1.12				
O1	ก่อน	22.10	.37	-.06	15	-.97	.17
	หลัง	22.16	.35				
O2	ก่อน	22.02	.38	-.13	15	-1.64	.06
	หลัง	22.15	.49				

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของคลื่นเบต้า 1 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ปรากฏว่า ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, O1 และ O2 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ไม่แตกต่างกับก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ ผลเปรียบเทียบแสดงเป็นกราฟเส้นได้ ดังภาพที่ 43



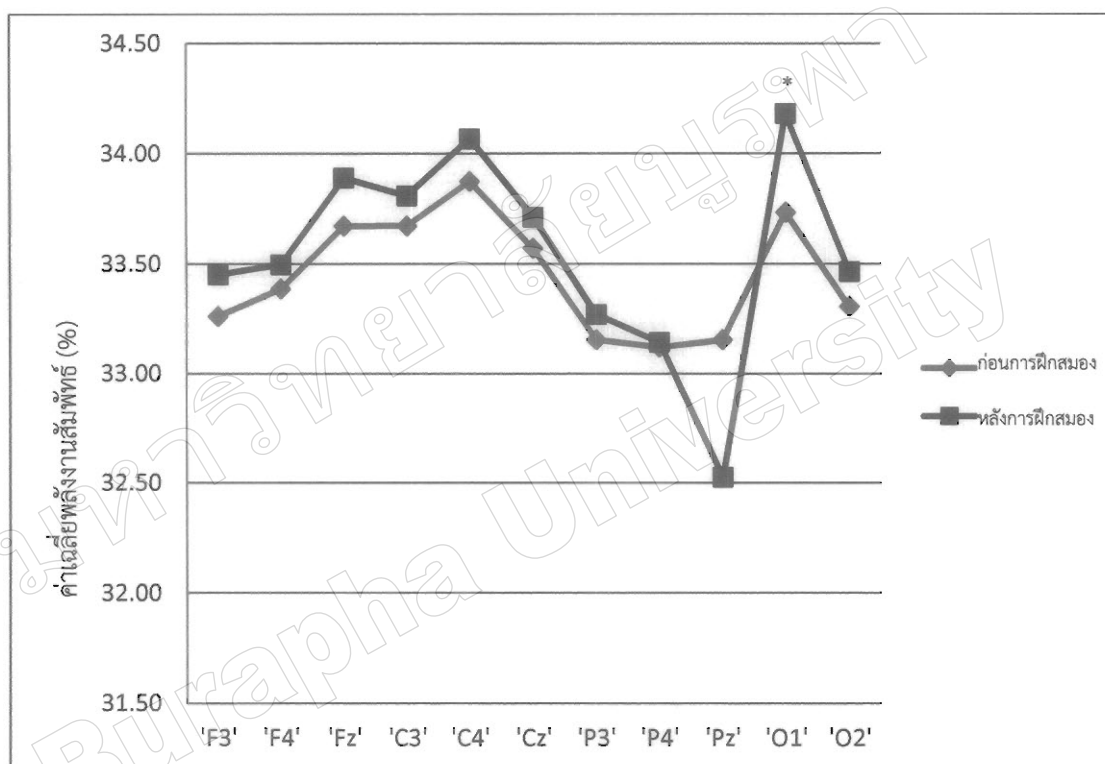
ภาพที่ 43 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่เบต้า 1 ระหว่างก่อนกับหลังฝึกสมองด้วย เกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่เบต้า 2 ระหว่าง
ก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดะกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	การทดลอง	M	SD	Mean Difference	df	t	p
F3	ก่อน	33.26	.49	-.19	15	-1.40	.09
	หลัง	33.45	.67				
F4	ก่อน	33.39	.67	-.11	15	-.86	.20
	หลัง	33.50	.77				
Fz	ก่อน	33.67	.96	-.22	15	-1.16	.13
	หลัง	33.89	.83				
C3	ก่อน	33.67	.81	-.13	15	-.73	.24
	หลัง	33.81	.92				
C4	ก่อน	33.88	1.22	-.19	15	-.85	.20
	หลัง	34.07	1.29				
Cz	ก่อน	33.57	.58	-.14	15	-.87	.20
	หลัง	33.71	.72				
P3	ก่อน	33.16	.49	-.11	15	-1.29	.11
	หลัง	33.27	.50				
P4	ก่อน	33.12	.53	-.02	15	-.16	.44
	หลัง	33.14	.58				
Pz	ก่อน	33.16	1.75	.63	15	.69	.25
	หลัง	32.53	3.71				
O1	ก่อน	33.74	1.04	-.44	15	-2.04*	.03
	หลัง	34.18	1.21				
O2	ก่อน	33.31	.45	-.16	15	-.89	.20
	หลัง	33.46	.84				

หมายเหตุ: * $p < .05$

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ของคลื่นเบต้า 2 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ ปรากฏว่า ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุสูงกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz และ O2 มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุไม่แตกต่างกับก่อนการฝึกสมองด้วย เกมปริศนา ซูโดกุ ผลการเปรียบเทียบแสดงเป็นกราฟเส้นได้ดังภาพที่ 44



หมายเหตุ: * $p < .05$

ภาพที่ 44 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ช่วงความถี่เบต้า 2 ระหว่างก่อนกับหลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า

ดังนั้น สรุปได้ว่า พลังงานสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ ช่วงความถี่แอลฟา 1 หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุต่ำกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1, O2, P4, และ C4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 3 คือ พลังงานสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบด้านมิติสัมพันธ์ ช่วงความถี่แอลฟา 1 หลังการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุต่ำกว่าก่อนการฝึกสมองด้วยเกมปริศนาซูโดกุ