

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย: การศึกษาค้นคว้าอิสระ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต และระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มที่ไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยการศึกษาด้วยคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งเป็นการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมและการทำงานของสมอง นำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มที่ไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

โดยมีสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
Max	หมายถึง	ค่าสูงสุดของชุดข้อมูล
Min	หมายถึง	ค่าต่ำสุดของชุดข้อมูล
M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็น (Probability)
t	หมายถึง	ค่าที่คำนวณได้จากสถิติทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน และกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน
d	หมายถึง	ขนาดอิทธิพล (Effect Size)

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ถูกต้อง และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t-Test) ดังตารางที่ 7-8 และภาพที่ 76

ตารางที่ 7 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

คนที่	คะแนน	
	ก่อนการใช้โปรแกรม	หลังการใช้โปรแกรม
1	31	40
2	30	37
3	38	40
4	28	37
5	27	41
6	27	39
7	32	39
8	28	35
9	31	41
10	35	41
11	26	34
12	25	33
13	27	34
14	30	41
15	28	36
Min	25	33
Max	38	41
M	29.53	37.87
SD	3.50	2.90

จากตารางที่ 7 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ปรากฏว่า ก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ตอบข้อสอบถูกสูงสุด 38 คะแนน ตอบข้อสอบถูกน้อยที่สุด 25 คะแนน และหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ตอบข้อสอบถูกสูงสุด 41 คะแนน ตอบข้อสอบถูกน้อยที่สุด 33 คะแนน

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่าง ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=15$ คน)

การทดสอบ	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
ก่อนการใช้โปรแกรม	29.53	3.50	8.33	11.54**	.00	2.38
หลังการใช้โปรแกรม	37.86	2.90				

** $p < .01$



ภาพที่ 76 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่าง ก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

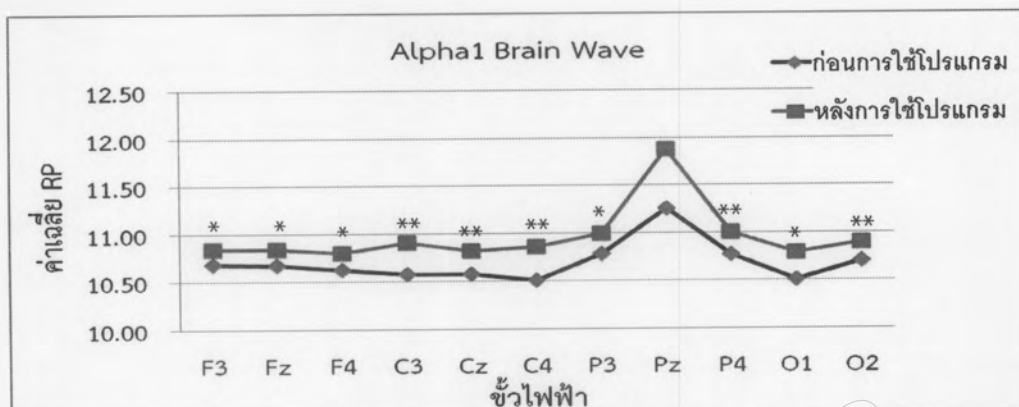
จากตารางที่ 8 และภาพที่ 76 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงกว่า ก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t_{14}=11.54$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) เท่ากับ 2.38 แสดงว่าโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ส่งผลให้กลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานสัมพัทธ์ และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1, Alpha 2, Beta 1 และ Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent t-Test) ดังตารางที่ 9-12 และภาพที่ 77-80

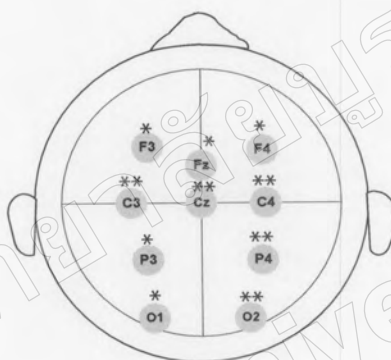
ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=15$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม		Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
F3	10.68	0.28	10.84	0.41	-0.16	2.11*	.02
Fz	10.67	0.27	10.84	0.32	-0.17	2.28*	.02
F4	10.62	0.30	10.80	0.42	-0.18	2.03*	.03
C3	10.58	0.27	10.91	0.40	-0.33	3.96**	.00
Cz	10.58	0.23	10.82	0.37	-0.24	3.49**	.00
C4	10.51	0.36	10.86	0.35	-0.35	3.99**	.00
P3	10.78	0.27	10.99	0.45	-0.22	2.21*	.02
Pz	11.26	0.73	11.88	1.56	-0.62	1.42	.08
P4	10.77	0.30	11.00	0.48	-0.23	2.37**	.01
O1	10.51	0.40	10.79	0.42	-0.28	1.86*	.04
O2	10.70	0.26	10.90	0.35	-0.20	3.36**	.00
ภาพรวม	10.70	0.40	10.97	0.66	-0.27	4.708**	.00

** $p \leq .01$, * $p < .05$



** $p \leq .01$, * $p < .05$



ภาพที่ 77 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง

Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรม

ฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

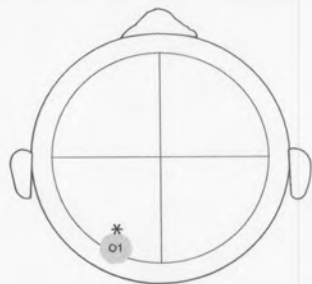
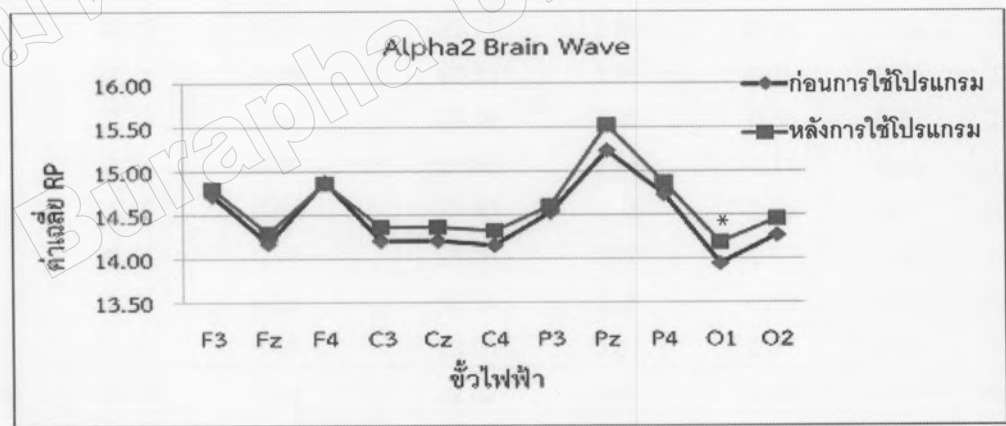
จากตารางที่ 9 และภาพที่ 77 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ของกลุ่มทดลอง โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C3, Cz, C4, P4 และ O2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, Fz, F4, P3, และ O1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=15$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม		Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
F3	14.73	0.48	14.80	0.50	-0.07	0.60	.28
Fz	14.17	0.30	14.29	0.50	-0.12	1.22	.12
F4	14.88	0.54	14.86	0.52	0.02	0.14	.44
C3	14.20	0.50	14.36	0.68	-0.16	1.26	.11
Cz	14.20	0.41	14.36	0.60	-0.16	1.25	.11
C4	14.15	0.57	14.32	0.68	-0.17	1.03	.16
P3	14.53	0.42	14.60	0.52	-0.07	0.94	.18
Pz	15.24	1.57	15.53	1.67	-0.29	0.56	.29
P4	14.74	0.59	14.87	0.51	-0.13	1.20	.12
O1	13.94	0.51	14.18	0.56	-0.24	1.67*	.05
O2	14.27	0.40	14.46	0.62	-0.19	1.41	.09
ภาพรวม	14.46	0.74	14.60	0.81	-0.14	2.32*	.02

* $p \leq .05$



ภาพที่ 78 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

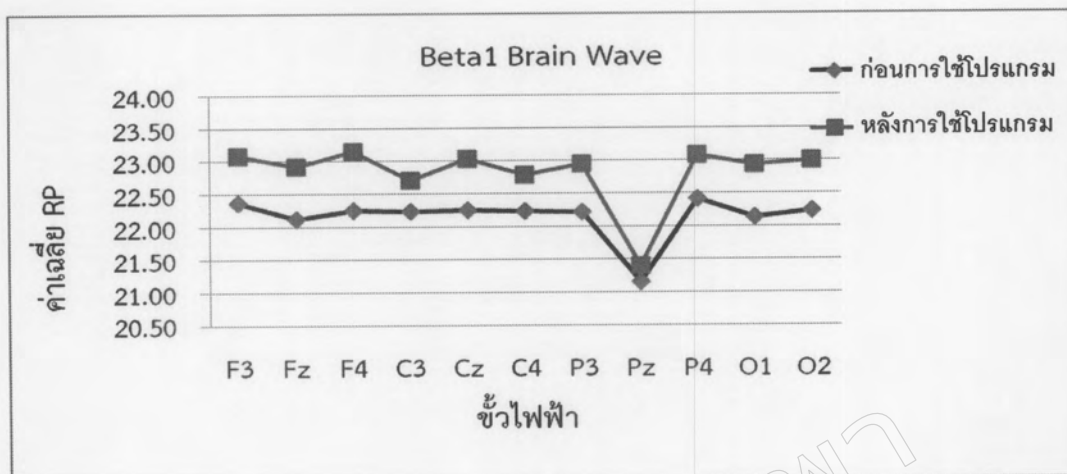
จากตารางที่ 10 และภาพที่ 78 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ของกลุ่มทดลอง โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต (n=15 คน)

ขั้วไฟฟ้า	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม		Mean Difference	t	p
	M	SD	M	SD			
F3	22.37	0.44	23.08	2.90	-0.17	0.91	.18
Fz	22.11	0.32	22.91	3.15	-0.80	0.94	.18
F4	22.24	0.54	23.15	2.95	-0.91	1.13	.13
C3	22.23	0.51	22.71	2.99	-0.48	0.58	.28
Cz	22.25	0.49	23.03	3.06	-0.78	0.95	.17
C4	22.23	0.52	22.78	3.03	-0.55	0.66	.26
P3	22.21	0.35	22.95	2.93	-0.74	0.95	.17
Pz	21.15	0.97	21.40	2.15	-0.25	0.41	.34
P4	22.41	0.42	23.08	2.80	-0.67	0.90	.19
O1	22.14	0.26	22.94	3.26	-0.80	0.92	.18
O2	22.23	0.49	23.00	3.01	-0.77	0.95	.17
ภาพรวม	22.14	0.60	22.82	2.89	-0.68	2.91**	.00

**p<.01



ภาพที่ 79 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

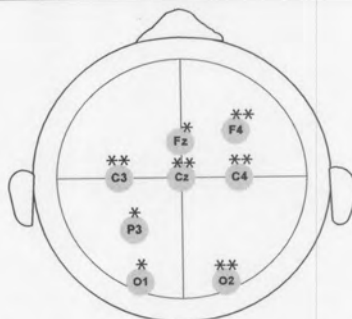
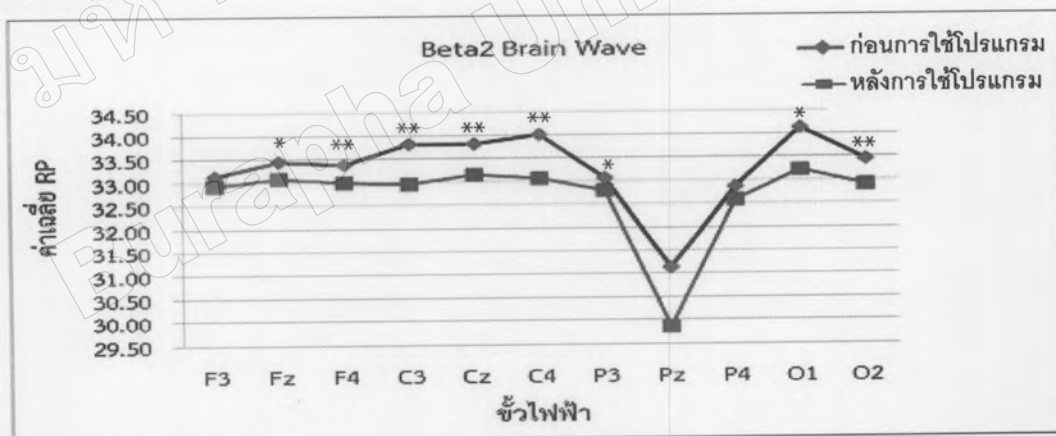
จากตารางที่ 11 และภาพที่ 79 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ของกลุ่มทดลอง โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) สูงวก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=15$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	ก่อนการใช้โปรแกรม		หลังการใช้โปรแกรม		Mean Difference	t	p
	M	SD	M	SD			
F3	33.12	0.51	32.92	0.51	0.20	-1.51	.08
Fz	33.45	0.84	33.08	0.78	0.37	-1.67*	.05
F4	33.38	0.65	32.98	0.51	0.40	-2.41**	.01
C3	33.80	1.06	32.95	0.95	0.85	-3.67**	.00
Cz	33.81	0.76	33.15	0.72	0.66	-3.41**	.00
C4	34.00	1.39	33.05	0.83	0.95	-3.17**	.00
P3	33.05	0.57	32.79	0.65	0.26	-2.13*	.02
Pz	31.13	3.04	29.86	3.03	1.27	-1.16	.13
P4	32.86	0.64	32.58	0.52	0.28	-1.57	.06
O1	34.13	1.41	33.22	1.08	0.91	-1.98*	.03
O2	33.45	0.73	32.90	0.78	0.55	3.12**	.00
ภาพรวม	33.29	1.45	32.68	1.45	0.61	5.06**	.00

** $p \leq .01$, * $p \leq .05$



ภาพที่ 80 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

จากตารางที่ 12 และภาพที่ 80 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ของกลุ่มทดลอง โดยภาพรวมปรากฏว่า หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ต่ำกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F4, C3, Cz, C4 และ O2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fz, P3 และ O1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ถูกต้อง และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-Test) ดังตารางที่ 13-14 และภาพที่ 81

ตารางที่ 13 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

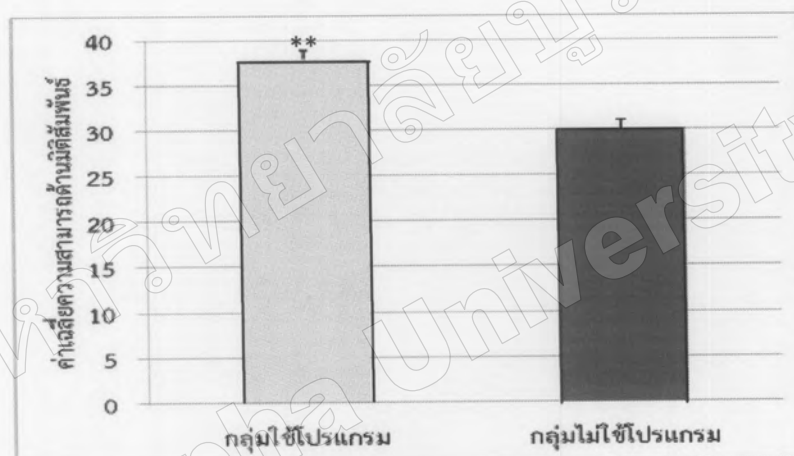
คนที่	คะแนน	
	กลุ่มใช้โปรแกรม	กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม
1	40	31
2	37	32
3	40	29
4	37	27
5	41	37
6	39	32
7	39	26
8	35	27
9	41	29
10	41	26
11	34	32
12	33	27
13	34	31
14	41	35
15	36	30
Min	33	26
Max	41	37
M	37.87	30.07
SD	2.90	3.26

จากตารางที่ 13 คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ตอบข้อสอบถูกสูงที่สุด 41 คะแนน ตอบข้อสอบถูกน้อยที่สุด 33 คะแนน และกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ตอบข้อสอบถูกสูงที่สุด 37 คะแนน ตอบข้อสอบถูกน้อยที่สุด 26 คะแนน

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรม
ฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต
($n=30$ คน)

กลุ่ม	<i>M</i>	<i>SD</i>	Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
กลุ่มใช้โปรแกรม	37.86	3.26	7.80	6.92**	.00	2.39
กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม	30.06	2.90				

** $p < .01$



ภาพที่ 81 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรม
ฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

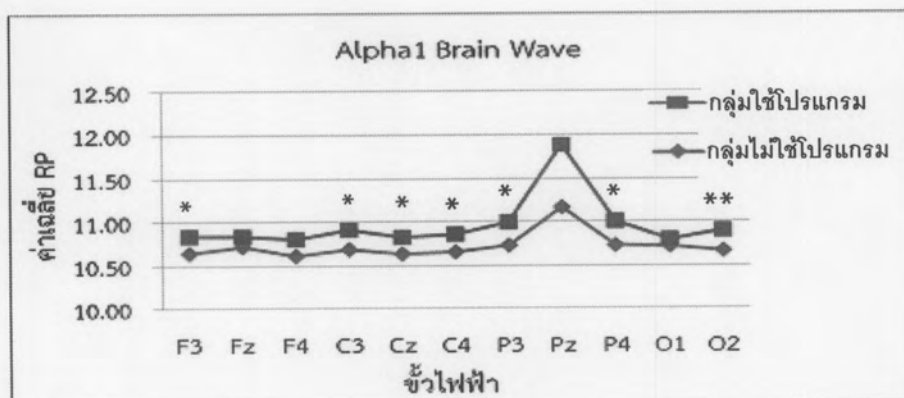
จากตารางที่ 14 และภาพที่ 81 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สูงกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t_{28}=6.92$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect Size) เท่ากับ 2.39 แสดงว่าโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตส่งผลให้กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 5

3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยนำเสนอค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานสัมพัทธ์ และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1, Alpha 2, Beta 1 และ Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยสถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent t-Test) ดังตารางที่ 15-18 และภาพที่ 82-85

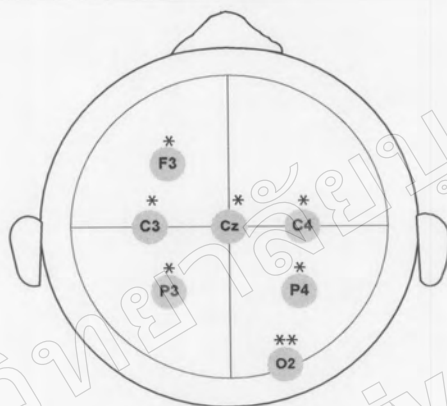
ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=30$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	กลุ่มใช้โปรแกรม		กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม		Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
F3	10.84	0.41	10.64	0.18	0.20	1.73*	.04
Fz	10.84	0.32	10.72	0.14	0.12	1.27	.11
F4	10.80	0.42	10.61	0.26	0.19	1.51	.07
C3	10.91	0.40	10.69	0.17	0.22	2.02*	.02
Cz	10.82	0.37	10.63	0.15	0.19	1.83*	.04
C4	10.86	0.35	10.65	0.19	0.21	2.04*	.02
P3	10.99	0.45	10.73	0.21	0.26	2.04*	.02
Pz	11.88	1.56	11.16	0.70	0.72	1.61	.06
P4	11.00	0.48	10.73	0.23	0.27	1.95*	.03
O1	10.79	0.42	10.72	0.13	0.07	0.58	.28
O2	10.90	0.35	10.67	0.17	0.23	2.29**	.01
ภาพรวม	10.97	0.46	10.72	0.17	0.25	1.91*	.04

** $p \leq .01$, * $p < .05$



** $p \leq .01$, * $p < .05$



ภาพที่ 82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

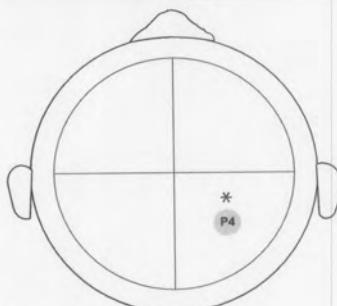
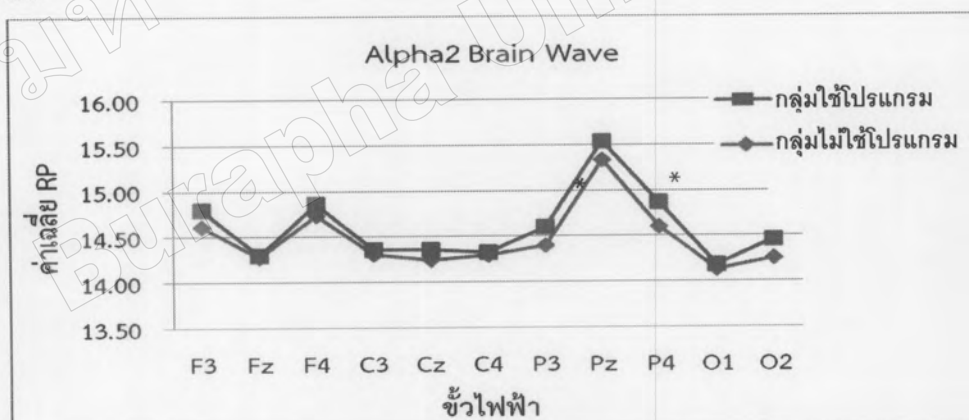
จากตารางที่ 15 และภาพที่ 82 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) สูงกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 6

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3, C3, Cz, C4, P3 และ P4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=30$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	กลุ่มใช้โปรแกรม		กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม		Mean Difference	t	p
	M	SD	M	SD			
F3	14.80	0.50	14.61	0.47	0.19	1.08	.14
Fz	14.29	0.50	14.27	0.33	0.02	0.16	.43
F4	14.86	0.52	14.73	0.46	0.13	0.69	.24
C3	14.36	0.68	14.30	0.20	0.06	0.33	.37
Cz	14.36	0.60	14.24	0.30	0.12	0.65	.26
C4	14.32	0.68	14.29	0.31	0.03	0.15	.44
P3	14.60	0.52	14.40	0.31	0.20	1.26	.10
Pz	15.53	1.67	15.33	0.93	0.20	0.40	.34
P4	14.87	0.51	14.60	0.36	0.27	1.71*	.04
O1	14.18	0.56	14.13	0.22	0.05	0.29	.38
O2	14.46	0.62	14.25	0.32	0.21	1.14	.13
ภาพรวม	14.60	0.57	14.47	0.30	-0.13	0.80	.22

* $p < .05$



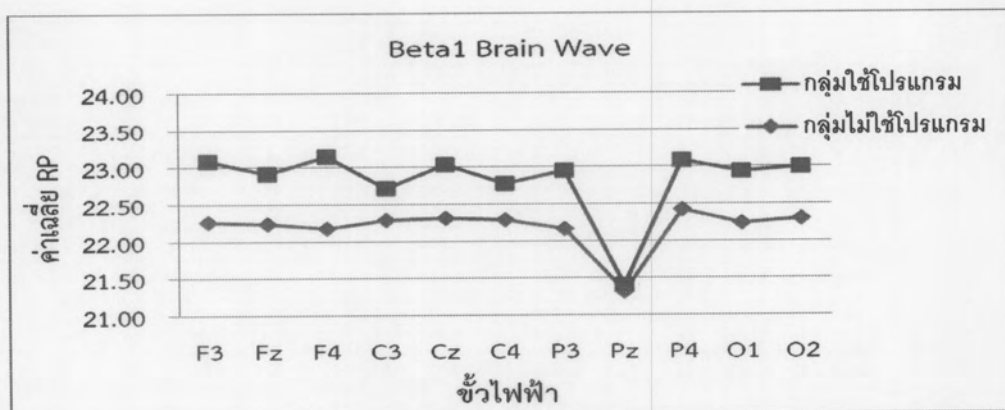
ภาพที่ 83 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 83 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 2 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 6

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=30$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	กลุ่มใช้โปรแกรม		กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม		Mean Difference	<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
F3	23.08	2.90	22.26	0.35	0.82	1.09	.14
Fz	22.91	3.15	22.23	0.28	0.68	0.84	.20
F4	23.15	2.95	22.18	0.43	0.97	1.26	.10
C3	22.71	2.99	22.28	0.41	0.43	0.56	.29
Cz	23.03	3.06	22.31	0.35	0.72	0.91	.18
C4	22.78	3.03	22.29	0.45	0.49	0.61	.26
P3	22.95	2.93	22.16	0.28	0.79	1.05	.15
Pz	21.40	2.15	21.32	1.06	0.08	0.12	.45
P4	23.08	2.80	22.42	0.30	0.66	0.91	.18
O1	22.94	3.26	22.23	0.33	0.71	0.84	.20
O2	23.00	3.01	22.30	0.39	0.70	0.89	.19
ภาพรวม	22.82	2.89	22.18	0.35	0.64	0.85	.20



ภาพที่ 84 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

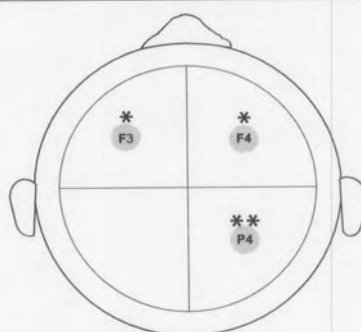
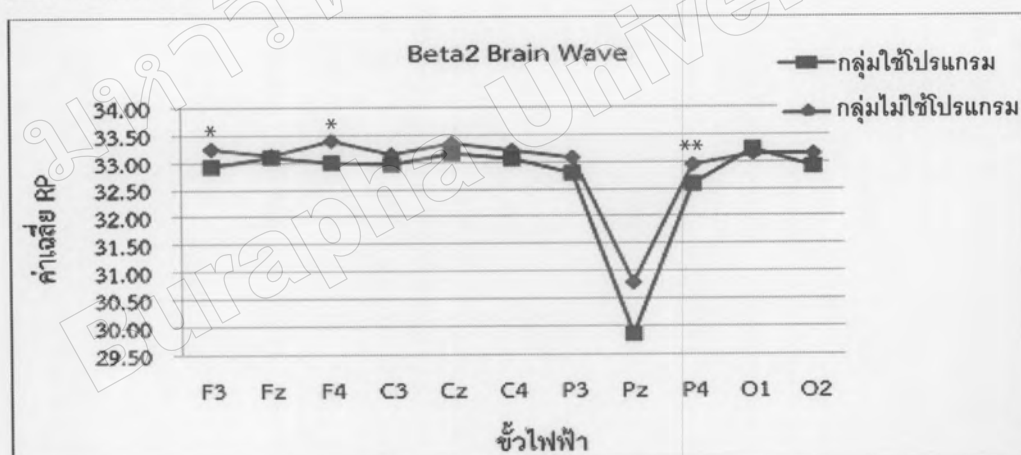
จากตารางที่ 17 และภาพที่ 84 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 7

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่าทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ($n=30$ คน)

ขั้วไฟฟ้า	กลุ่มใช้โปรแกรม		กลุ่มไม่ใช้โปรแกรม		Mean Difference	t	p
	M	SD	M	SD			
F3	32.92	0.51	33.23	0.50	-0.31	1.67*	.05
Fz	33.08	0.78	33.12	0.58	-0.04	0.16	.43
F4	32.98	0.51	33.39	0.54	-0.41	2.10*	.02
C3	32.95	0.95	33.13	0.56	-0.18	0.61	.27
Cz	33.15	0.72	33.34	0.48	-0.19	0.83	.20
C4	33.05	0.83	33.21	0.64	-0.16	0.58	.28
P3	32.79	0.65	33.07	0.53	-0.28	1.32	.09
Pz	29.86	3.03	30.80	2.24	-0.94	0.96	.17
P4	32.58	0.52	32.94	0.38	-0.36	2.19**	.01
O1	33.14	0.65	33.22	1.08	-0.08	0.26	.39
O2	32.90	0.78	33.14	0.57	-0.24	0.94	.17
ภาพรวม	32.68	0.74	32.95	0.48	-0.27	1.19	.12

** $p \leq .01$, * $p \leq .05$



ภาพที่ 85 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

จากตารางที่ 18 และภาพที่ 85 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 โดยภาพรวมปรากฏว่า กลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 8

เมื่อพิจารณาความแตกต่างค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ปรากฏว่า ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า P4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า F3 และ F4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University