

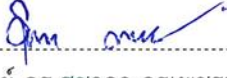
การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด  
คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์


ศศิวิมล พราหมณี

ดุขฎิณิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุขฎิณิบัณฑิต  
สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา  
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา  
มกราคม 2561  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุขฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุขฎีนิพนธ์ ได้พิจารณา  
ดุขฎีนิพนธ์ของ ศศิวิมล พรหมณี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปรัชญาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

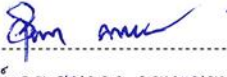
คณะกรรมการควบคุมดุขฎีนิพนธ์


  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปานี)

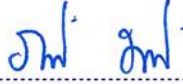
  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

คณะกรรมการสอบดุขฎีนิพนธ์

  
.....ประธาน  
(นายแพทย์สมรักษ์ สันติเบ็ญจกุล)


  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปานี)

  
.....กรรมการ  
(ดร.ปริญญา เรืองทิพย์)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวดี มากมี)

  
.....กรรมการ  
(ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาอนุมัติให้รับดุขฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา  
ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
.....คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปานี) และวิทยาการปัญญา  
วันที่ 12 เดือน มกราคม พ.ศ. 2561

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา  
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ  
ประจำปี 2561

## ประกาศคุณูปการ

คุณุภินิพนธ์ เรื่อง การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ สำเร็จได้ด้วยความสามารถจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปानी อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ดร.ปริญญา เรื่องทิพย์ ที่ปรึกษาร่วม ดร.พีร วงศ์อุปราชา ให้คำปรึกษาด้านการตัดคลื่นสมอง ขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานคุณุภินิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และขอบคุณครอบครัวที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจตลอดมา ขอบคุณเพื่อนนิสิตวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญาทุกคนที่เป็นกำลังใจซึ่งกันและกันด้วยดีโดยตลอดมา ประโยชน์ของคุณุภินิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูแก่เวทิตาแต่ บุษการี บุรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2561

ศศิวิมล พราหมณี

52810248: สาขาวิชา: การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา;

ปร.ด. (การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา)

คำสำคัญ: ความใส่ใจ/ คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats/ การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

ศศิวิมล พรหมณี: การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ENHANCING THE ATTENTION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING A BINAURAL BEATS MUSIC PROGRAM: AN EVENT-RELATED POTENTIAL STUDY)

คณะกรรมการผู้ควบคุมคุณภาพ: สุชาดา กรเพชรปาณี, Ph.D., ปริญญา เรื่องทิพย์, ปร.ด.

211 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

Binaural Beats เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ที่แตกต่างกันถูกนำเข้ามาทางหูแต่ละข้างพร้อมกัน ทำให้คลื่นประสานกันเป็นคลื่นความถี่ใหม่ในสมอง ซึ่งช่วยแก้ไขหรือพัฒนาคลื่นสมองให้มีความสมดุลเพิ่มขึ้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สำหรับเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และศึกษาผลของโปรแกรมโดยวิธีการวัดด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่บริเวณสมองส่วนกลาง และ P100 ที่บริเวณสมองส่วนท้ายทอย ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพิทยา 11 จำนวน 60 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ได้แก่ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย กิจกรรมทดสอบความใส่ใจ และเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง NeuroScan วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเพลงบรรเลงที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่มีความถี่นำเข้าหูซ้ายและขวา ต่างกัน 10 Hz (100 Hz, 110 Hz) ใช้ระยะเวลาฟังครั้งละ 20 นาที ต่อเนื่องกัน 14 วัน

2. ผลการวัดด้านพฤติกรรมระยะหลังการทดลอง ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยคะแนนความใส่ใจไม่แตกต่างกัน แต่มีเวลาปฏิกิริยาแตกต่างกัน กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มควบคุม ( $p < .05$ )

3. ผลการวัดด้านคลื่นไฟฟ้าสมองระยะหลังการทดลอง พบความแตกต่างบริเวณเปลือกสมองส่วนกลางและส่วนท้ายทอย ( $p < .05$ ) โดยกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 มากกว่า และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 น้อยกว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่า การได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ดีกว่าการรับฟังดนตรีที่ไม่แทรกสอดคลื่นเสียงและดีกว่ากลุ่มควบคุม

52810248: MAJOR: RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE;  
Ph.D. (RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE)

KEYWORDS: ATTENTION/ BINAURAL BEATS/ EEG

SASIVIMOL PRAMMANEE: ENHANCING THE ATTENTION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING A BINAURAL BEATS MUSIC PROGRAM: AN EVENT-RELATED POTENTIAL STUDY. ADVISORY COMMITTEE. SUCHADA KORNPETPANEE, Ph.D., PARINYA RUANGTIP, Ph.D. 211 P. 2018.

Binaural Beats are sound waves with different frequency applied to each ear together. Both waves synchronizing in the brain caused a new frequency helping to change and improve the brainwave balancing. The purpose of this research was to develop a binaural beats music training program for enhancing the attention of secondary school students. The data were collected by behavioral measurements, N100 central lobe area and P100 occipital lobe area ERPs, whilst performing attention tasks. The participants were 60 secondary school students from Pattaya City 11 School, randomly divided into three groups of 20 each: the Binaural Beats music program, a plain music program, and control group, received no program. Data were analyzed by descriptive statistics, *t*-test, and MANOVA.

The results showed that:

1. The binaural beats music program involved 20 minutes of instrumental music from popular songs with difference frequencies at 10 Hz; inserted (100 Hz, 110 Hz) participants listened to the program for 14 consecutive days.

2. The behavioral evaluation revealed that, after experiment, there was no difference in the mean scores among the three groups. However, the binaural beats music program group had a faster reaction time when compared with the ordinary music program group and the control group ( $p < .05$ ).

3. The ERP data revealed that there were differences in brainwaves at central and occipital sites ( $p < .05$ ). Specifically, the binaural beats music program group had a higher amplitude and a lower latency of N100 and P100 ERPs than those of the ordinary music program and control groups. The results indicate that the binaural beats music program was beneficial, enhancing the attention of secondary school students.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	9
ขอบเขตของการวิจัย.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
ตอนที่ 1 ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ.....	13
ตอนที่ 2 ทฤษฎี แนวคิดเกี่ยวกับดนตรีและความใส่ใจ.....	25
ตอนที่ 3 การรับรู้โดยการฟังและระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ.....	36
ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	63
ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats .....	65
ระยะที่ 2 การนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาไปใช้เพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	73
4 ผลการวิจัย.....	92
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	93
ตอนที่ 2 โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats.....	94
ตอนที่ 3 ผลการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรับ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้น.....	95
5 สรุปและอภิปรายผล.....	155
สรุปผลการวิจัย.....	155
อภิปรายผลการวิจัย.....	157

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ข้อเสนอแนะ.....	160
บรรณานุกรม.....	162
ภาคผนวก .....	174
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	175
ภาคผนวก ข แบบประเมินความเหมาะสมโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats.....	180
ภาคผนวก ค สำเนาใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย.....	183
ภาคผนวก ง กิจกรรมและข้อมูลจากการทดลอง.....	187
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	211



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 คลื่นย่อยที่อยู่ภายในคลื่นอัลฟา (7Hz-13Hz).....	42
3-1 การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ.....	71
3-2 การเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะหลังการทดลอง ใช้โปรแกรม.....	72
3-3 ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beat และการแก้ไข.....	72
3-4 แบบแผนการทดลองแบบ Pretest and Posttest Control Group Design.....	76
3-5 กิจกรรมการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง.....	78
4-1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามกลุ่ม.....	93
4-2 องค์ประกอบการตั้งค่าไฟล์เสียงโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง.....	95
4-3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบ ความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม.....	96
4-4 ผลการเปรียบเทียบเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลัง การทดลองในแต่ละกลุ่ม.....	97
4-5 การทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ระหว่าง กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรม ฟังดนตรี.....	99
4-6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรม ทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ระยะหลังการทดลอง.....	100
4-7 การเปรียบเทียบรายคู่ เวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ.....	101
4-8 การทดสอบความแตกต่างของเมตริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ความสูง และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6.....	101
4-9 การตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้า สมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6.....	103

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-10 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6.....	104
4-11 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี.....	106
4-12 การทดสอบ Univariate Test ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี.....	107
4-13 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C3.....	110
4-14 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1.....	111
4-15 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1.....	112
4-16 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz.....	113
4-17 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz.....	114
4-18 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2.....	115
4-19 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2.....	116
4-20 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4.....	117
4-21 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4.....	118
4-22 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6.....	119
4-23 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6.....	120
4-24 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง.....	122
4-25 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง.....	126

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-26 การทดสอบความแตกต่างของเมตริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2.....	130
4-27 การตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของความสูงและความกว้าง คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2....	131
4-28 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2.....	132
4-29 ผลการเปรียบเทียบของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี.....	133
4-30 การทดสอบ Univariate Test ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี.....	134
4-31 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่พหุ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1.....	135
4-32 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz.....	136
4-33 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่พหุ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz.....	137
4-34 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่พหุ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O2.....	138
4-35 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ก่อนกับหลังการทดลองของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี.....	140
4-36 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ก่อนกับหลังการทดลองของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี .....	143

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
2-1 แบบจำลอง Broadbent's Filter Model.....	17
2-2 แบบจำลอง Treisman's Attenuation Model.....	18
2-3 ทฤษฎี Feature-Integration Theory of Attention.....	19
2-4 แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์.....	20
2-5 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 หลังการปรากฏของสิ่งเร้า.....	23
2-6 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 P100 และ P300.....	24
2-7 การตอบสนองจากเสียงดนตรีของมนุษย์.....	26
2-8 เสียงดนตรีแต่ละประเภทต่อตำแหน่งการกระตุ้นสมอง.....	28
2-9 ตำแหน่งการกระตุ้นวิธีประสาทการได้รับรางวัล.....	30
2-10 การกระตุ้นด้วยคลื่นเรต้า (Theta Burst Stimulation: TBS).....	31
2-11 ตำแหน่ง Cornu Ammonis (CA) และ Dentate Gyrus (DG) ในฮิปโปแคมปัส (Hippocampus).....	33
2-12 ผังการเกิดความรู้สึกหนาว (Shiver or Chill) จากเสียงดนตรี.....	35
2-13 Auditory Pathway.....	37
2-14 ทางเดินประสาทเกี่ยวกับการได้ยิน.....	38
2-15 การได้ยินและการฟัง.....	39
2-16 Association Sensory.....	40
2-17 การทำงานประสานของสมองทั้ง 2 ซีก โดยการรับแรงสั่นสะเทือนของกันและกัน.....	41
2-18 คลื่นสมองตามระดับความถี่.....	42
2-19 การแทรกสอดของเสียง.....	44
2-20 บีตส์ (Beats).....	44
2-21 การทำงานของคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats.....	45
2-22 คลื่นความถี่ที่ต่างกันจากหูซ้ายและขวาเมื่อผสมรวมกัน.....	46
2-23 EEG Tracing แสดงช่วง Alpha Brainwave หลังจากฟังดนตรีที่แทรกสอด Binaural Beats.....	48
2-24 ตำแหน่งการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง.....	50
2-25 ระบบ 10-20 System.....	52
2-26 Block Diagram of EEG.....	55
2-27 ระบบ EEG ที่เป็นลักษณะคลื่น.....	56
2-28 แรงดันไฟฟ้า (ความกว้าง) และความถี่ของคลื่น.....	56
2-29 คลื่นไฟฟ้าสมอง 4 ลักษณะที่พบในระบบ EEG.....	57
2-30 การจัดวางรูปแบบแสดงผล การจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา.....	60

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-31 การจัดวางรูปแบบแสดงผล การจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง.....	61
2-32 การจัดวางรูปแบบแสดงผลการจัดเรียงขั้ววัดไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค.....	61
3-1 ขั้นตอนการวิจัย.....	64
3-2 การพัฒนาโปรแกรมฟังเสียงดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats.....	65
3-3 ลำดับและเวลาของกิจกรรมการเพิ่มความใส่ใจด้วยการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง.....	69
3-4 การศึกษาผลของการเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมฟังเสียงดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats.....	74
3-5 ขั้นตอนกิจกรรมทดสอบความใส่ใจจาก Attention โดย VISCPT - โปรแกรมสำเร็จรูป STIM <sup>2</sup> .....	79
3-6 ขั้นตอนกิจกรรมทดสอบความใส่ใจจาก Attention โดย AUDCPT - โปรแกรมสำเร็จรูป STIM <sup>2</sup> .....	80
3-7 หมวกที่มีขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทรด (Electrode).....	82
3-8 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าจากโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7.....	83
3-9 หน้าจอแสดงค่าความต้านทานในแต่ละขั้วไฟฟ้า (Impedance).....	83
3-10 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง NeuroScan.....	84
3-11 แป้นกดปุ่มเพื่อเลือกคำตอบ.....	84
3-12 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการกรองสัญญาณ (Filter) คลื่นไฟฟ้าสมอง.....	86
3-13 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการกรองสัญญาณ ช่วงความถี่ผ่าน.....	87
3-14 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการตัดสัญญาณรบกวน.....	87
3-15 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการตัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ERPs.....	88
3-16 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการคำนวณหาค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด.....	88
3-17 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	89
3-18 หน้าต่างโปรแกรม Notepad แสดงการบันทึกค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง ในรูปของ Text File.....	89
3-19 หน้าต่างโปรแกรม Excel แสดงการบันทึกค่าความกว้างและความสูง ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง.....	90

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม..	97
4-2 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม.....	98
4-3 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C3.....	110
4-4 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1.....	111
4-5 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1.....	112
4-6 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz.....	113
4-7 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz.....	115
4-8 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าที่ C2.....	116
4-9 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2.....	117
4-10 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4.....	118
4-11 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4.....	119
4-12 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6.....	120
4-13 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6.....	121
4-14 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central).....	124
4-15 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรม ฟัง ดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central).....	125
4-16 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central).....	125
4-17 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมอง ส่วนกลาง (Central).....	128
4-18 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central).....	129
4-19 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central).....	129
4-20 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ O1.....	136
4-21 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz.....	137
4-22 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz.....	138
4-23 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ O2.....	139

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-24 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	141
4-25 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	142
4-26 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	143
4-27 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมอง ส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	145
4-28 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับ โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	146
4-29 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe).....	146
4-30 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ก่อนการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที.....	147
4-31 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 หลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที.....	148
4-32 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมองที่วัดความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural.....	149
4-33 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ก่อนการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	150
4-34 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 หลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	150
4-35 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที.....	151

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-36 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลาหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190มิลลิวินาที.....	151
4-37 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาก่อนการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	152
4-38 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	152
4-39 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลาก่อนการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที.....	153
4-40 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลาหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที.....	153
4-41 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาก่อนการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	154
4-42 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที.....	154



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Processing) มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้และเป็นกลไกในกิจกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ กระบวนการทางปัญญากระบวนการหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Attention) กระบวนการนี้จัดเป็นหน้าที่ขั้นสูงของสมองที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการจัดการต่อสิ่งเร้า (Kafshgari, Kahaki, Moradi, & Younesi, 2014) โดยความใส่ใจจะเกี่ยวข้องในทุกแง่มุมของชีวิตมนุษย์ ตั้งแต่ทักษะการรับรู้ขั้นพื้นฐานจนถึงความสามารถในการพัฒนาด้านสติปัญญาที่ซับซ้อน (McConnell & Shore, 2011) เพราะความใส่ใจจัดเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการทางปัญญา (Chun, Golomb, & Turk-Browne, 2011) ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว มีการคัดกรองการไหลผ่านของสิ่งเร้าเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกในสมอง ขึ้นอยู่กับสิ่งเร้าที่มากระตุ้นและการทำงานของสมอง (Taylor & Fragonagos, 2005)

ความใส่ใจนั้นมีผลต่อการเข้ารหัส (Modulation of Encoding) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของความใส่ใจ (Chun & Turk-Browne, 2007) โดยกระบวนการเข้ารหัสนี้จะลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านมา สาเหตุของการลดลง อาจเกิดจากความล้าของกระบวนการความใส่ใจหรือความล้าในการเข้ารหัสความจำ (Anderson et al., 2000) ที่ส่งผลต่อความสามารถของความจำขณะทำงาน (Working Memory) และประสิทธิภาพการเรียนรู้ (Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014) ในขณะที่มีหลักฐานว่าความใส่ใจและความจำระยะสั้นมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในระหว่างการเข้ารหัสความจำ (Fougnie, 2008)

การได้ยินเป็นระบบประสาทสัมผัสที่รองมาจากการมองเห็นของมนุษย์ จากการศึกษาปรากฏว่า กระบวนการรับเสียงของมนุษย์จำเป็นต้องมีการแยกแยะเสียงที่มีความถี่สูง (High Frequency) และเสียงที่มีความถี่ต่ำ (Low Frequency) ซึ่งการเคลื่อนไหวของพลังงานเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล (Hydromechanic) กระบวนการนี้ ถ้ามีการใช้ความถี่ที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานกลไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electric Impulses) ไปกระตุ้นการทำงานของสมอง ให้มีการสร้างสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) เช่น ซีโรโทนิน (Serotonin) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีฤทธิ์คล้ายยานอนหลับ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดความเครียด ลดอาการซึมเศร้า ลดระดับน้ำตาลในเลือดและเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารสื่อประสาทอื่น ๆ ได้แก่ เมลาโทนิน (Melatonin) มีคุณสมบัติช่วยให้นอนหลับ เพิ่มภูมิคุ้มกัน และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้และความใส่ใจ (สมพร กันทรดุษฎี เตรียมชัยศรี, 2554, หน้า 3-4; Busek & Kemlink, 2005; Poe, Walsh, & Bjorness, 2010) ตลอดจนการใช้เสียงดนตรีที่มีลักษณะของเสียงความถี่สูงและเสียงความถี่ต่ำที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการบริหารสมองช่วยเพิ่มปริมาณของเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ ความเข้าใจ การแก้ปัญหา

การตัดสนใจและความคิดสร้างสรรค์ (Serrien, Ivry, & Swinnen, 2006; Newberg & Aquili, 2008. pp. 111-149)

การเพิ่มความใส่ใจ มีการศึกษาในหลายแนวทาง Brain Wave Development Music เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ดนตรีในการพัฒนาคลื่นสมอง ซึ่งเป็นดนตรีที่ใช้คลื่นเสียงในระดับอัลฟา (Alpha Wave) และมีความแรงของคลื่นเสียงหรือแอมพลิจูดต่ำ (Low Amplitude) โดยส่งคลื่นออกมาจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบประสาทโสตสัมผัสเข้าไปปรับความสมดุลให้เกิดการประสานสอดคล้องกับความถี่ของคลื่นสมอง (Synchronized) ในแต่ละระดับและกระตุ้นให้สมองเกิดการประสานหรือผูกโยงไปสู่จังหวะของดนตรีที่บรรเลง ซึ่งทำให้คลื่นสมองของมนุษย์ปรับลดความสั่นสะเทือนหรือลดรอบความถี่ลง คล้ายกับหลักการผสมกันของคลื่นน้ำในทะเล เมื่อคลื่นใหญ่ปะทะกับคลื่นเล็กจะได้คลื่นใหม่ที่เป็นคลื่นขนาดกลาง อันจะทำให้มนุษย์เกิดสมาธิและความสงบมากขึ้น (Skoe & Kraus, 2010) ดนตรีกลุ่มนี้ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มดนตรีที่ผลิตเสียงดนตรีจากงานวิจัย (Brain Wave Research Music) ได้จากงานวิจัยทางด้านสมองของนักวิจัยทางการแพทย์ โดยศึกษาค้นคว้าวิจัยองค์ประกอบต่าง ๆ ของเสียงและผลกระทบที่มีอิทธิพลต่อสมองและร่างกาย
2. กลุ่มดนตรีเสียงธรรมชาติ (Natural Music) ดนตรีกลุ่มนี้ เป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำตามธรรมชาติ เช่น เสียงน้ำตก เสียงนกร้อง เสียงฝนตก มีลักษณะใกล้เคียงกับคลื่นสมองอัลฟา (Alpha) มีผลช่วยในด้านการผ่อนคลายและลดความเครียด
3. กลุ่มดนตรีคลื่นเสียงแห่งจักรวาล (Cosmos Sound Music) ได้จากการบันทึกเสียงจากอวกาศโดยตรงซึ่งมาจากการบันทึกเสียงจากเครื่องบินที่ติดอยู่ในยานอวกาศที่เดินทางออกไปนอกโลก มีพลังแห่งความสั่นสะเทือนสูงและมีความถี่ต่ำมากจนประสาทด้านโสตสัมผัสของมนุษย์แทบไม่ได้ยินเสียง
4. กลุ่มดนตรีจากงานวิจัยเพื่อส่งมนุษย์ไปอวกาศขององค์การนาซ่า National Aeronautics and Space Administration (NASA) ดนตรี Astronaut Research Music กลุ่มนี้ เริ่มต้นผลิตจากงานวิจัยทางการส่งมนุษย์ไปสู่อวกาศขององค์การ NASA ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการผลิตมนุษย์อวกาศ โดยมีคลื่นเสียงประเภทคลื่นอัลฟา เธต้าหรือเดลต้าที่ใช้พัฒนาสมาธิในระดับที่สูงมาก (อริยะ สุพรรณเกษัช, 2553)

นอกจากการเพิ่มความใส่ใจด้วยกลุ่มดนตรีพัฒนาคลื่นสมองที่กล่าวมาข้างต้น การใช้คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาใช้เพิ่มความใส่ใจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง Auditory Beats in The Brain เป็นบทความที่กล่าวถึงความมหัศจรรย์ภายในห้องทดลอง เกี่ยวกับคลื่น Binaural Beats ซึ่งนำไปสู่การค้นคว้าวิธีการเรียนรู้ สร้างสรรค์ การควบคุมอารมณ์ สมาธิ การนอนหลับ การพัฒนาด้านจิตใจและพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เป็นการค้นคว้าวิจัยและผลที่เกิดจากคลื่น Binaural Beats โดยใช้วิธีการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) ซึ่งจะบันทึกการทำงานของกระแสไฟฟ้าที่บริเวณหนังศีรษะที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาทในสมอง ทำให้ทราบว่าในขณะที่สมองถูกกระตุ้นโดยคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats นั้น มีความถี่คลื่นอยู่ในระดับใด (Oster, 1999) ต่อมา Hastings (2007) ได้ทดสอบโดยให้ผู้รับการทดสอบฟังคลื่นที่จะช่วยเรื่องการนอนหลับและได้เขียนบทความ Tests of the Sleep Induction Technique อธิบายวิธีการ

ใช้คลื่นเสียงที่ออกแบบขึ้นในการปรับลดคลื่นไฟฟ้าสมองจาก Beta State ไปยัง Alpha State, Theta State และ Delta State ตามลำดับ โดยใช้เครื่อง EEG ในการตรวจสอบ

นอกจากนี้ มีการทดลองเพื่อเพิ่มความใส่ใจในกลุ่มนักเรียนที่เป็นโรคสมาธิสั้น (Attention Deficit Disorders) อายุระหว่าง 6-14 ปี พบข้อสรุปที่น่าสนใจจากผู้ปกครองได้ดังนี้ ช่วงเวลา 2-3 วันแรก ที่ฟังเทปคลื่นเสียง Binaural Beats เป็นช่วงเวลาที่น่าเบื่อ แต่หลังจากที่ฟังเทปคลื่นเสียง Binaural Beats ไปสักพัก เด็ก ๆ ชอบความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายใน และถ้าได้ฟังเทปคลื่นเสียง Binaural Beats ก่อนไปโรงเรียนจะช่วยทำให้รู้สึกสงบขึ้น และสามารถเข้ากับสิ่งรอบตัวได้ดีขึ้น และในครั้งต่อไปที่ฟังเทปคลื่นเสียง Binaural Beats เพียงไม่กี่นาทีก็เห็นผลได้อย่างน่าประหลาด นักเรียนนั่งขึ้น ทัศนคติเปลี่ยน มีความสุขจากสิ่งรอบข้าง มีความสุขที่บ้าน อารมณ์ฉุนเฉียวลดลง (Monroe et al., 1999)

การฟังดนตรีทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาท ที่เกี่ยวข้องกับความจำเพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยเพิ่ม การถ่ายถอดสัญญาณประสาท ทำให้เซลล์ประสาทมีการตื่นตัว และเกิด Long-Term Potentiation: LTP เพิ่มขึ้น (ภานารี บุขราคมัตระกุล, 2548) นอกจากนี้ เสียงดนตรียังช่วยให้มีการสร้างเซลล์ประสาท บริเวณคอร์นุแอมโมนิส 1 (Cornu Ammonis 1: CA 1) คอร์นุแอมโมนิส 2 (Cornu Ammonis 2: CA 2) และคอร์นุแอมโมนิส 3 (Cornu Ammonis 3: CA 3) ที่อยู่ในฮิปโปแคมปัส เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็น สิ่งจำเป็น ที่ช่วยในกระบวนการเรียนรู้และความใส่ใจ (Kim et al., 2006)

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถปรับเปลี่ยนคลื่น ไฟฟ้าสมองได้จริง โดยใช้ความถี่ที่แตกต่างกันในหูแต่ละข้าง การกระตุ้นการรับรู้ทางหู ด้รับการยอมรับว่า มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและความรู้ความเข้าใจ โดยผ่านกระบวนการที่อยู่ในบริเวณ เปลือกนอกของสมอง (Process of Cortical Entrainment) (Vernon, Peryer, Louch, & Shaw, 2014) และโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ในภาวะที่มีสติโดยใช้เครื่อง EEG วัดคลื่นความถี่ของผู้รับการทดลองจนกระทั่งได้ข้อสรุปว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่น เสียงแบบ Binaural Beats มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง นอกจากนั้น ยังพบอีกว่า สมองไม่ได้ตอบสนองต่อเสียงที่ได้ยินเพียงซีกใดซีกหนึ่ง แต่เป็นสมองทั้ง 2 ซีก ที่มีการทำงานประสาน กันโดยการรับแรงสั่นสะเทือนของกันและกันอีกด้วย ผลการวิจัยนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats จะกระตุ้นการทำงานของคอปัสคัลโลซัม (Corpus Callosum) ที่อยู่เชื่อมต่อระหว่างสมองสองซีก (Fehmi, 2007; Christman & Propper, 2010) ช่วยลดความไม่สมดุลการทำงานของสมองสองซีกและช่วยเพิ่มการตอบสนองทางระบบประสาท ระหว่างสมองสองซีก (Interhemispheric) ในเซลล์ประสาท (Neuron) เพิ่มการสร้างกระแสประสาท และการเชื่อมต่อสัญญาณประสาท (Synapse) (Blokland, 1995; Poe, Walsh, & Bjorness, 2010)

การศึกษาโดย Kasprzak (2011) กับกลุ่มทดลองขนาดเล็ก จำนวน 9 คน โดยใช้เครื่อง EEG ได้ข้อสรุปว่า สมองมนุษย์ส่วน Cerebral Cortex สามารถทำงานประสานกัน (Synchronized) ด้วยคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่มีความถี่ซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในผู้ใหญ่ จำนวน 8 คน ด้วยโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats จากเครื่องบันทึกข้อมูลเสียง (CD) ซึ่งใช้เทคโนโลยีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ปรากฏว่า หลังการทดลองมีผลทาง ด้านบวก โดยค่าความวิตกกังวลลดลง ระดับอินซูลินและการเพิ่มขึ้นของสารสื่อประสาทโดปามีน

(Dopamine) อย่างมีนัยสำคัญ (Wahbeh, Calabrese, & Zwickey, 2007) ต่อมาการศึกษาการใช้คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่มีความแตกต่างในสองความถี่ ในช่วง 30-1000 เฮิรตซ์ ผ่านหูฟัง (Headphone) เป็นเวลา 7 นาที ในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน ปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างมีความตื่นโสดและความเครียดลดลง ตลอดจนมีอัตราการเต้นของหัวใจช้าลง (Carter, 2008)

การค้นคว้าและพิสูจน์จากนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในระยะเวลาที่ผ่านมา ทำให้รู้ว่าในระหว่างการฟังเสียงดนตรีจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองต่อสมองที่สะท้อนอยู่ในรูปแบบของคลื่นไฟฟ้า (Koelsch, Schroger, & Gunter, 2012) นอกจากนี้ กระบวนการทำงานของการฟังคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่เกิดขึ้นกับคลื่นสมอง ได้รับความเชื่อมั่นว่าจะก่อให้เกิดการพัฒนาและแก้ไขความผิดปกติของคลื่นสมอง ดังนั้น คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถพิจารณาให้เป็น Digital Drug ที่มีประสิทธิภาพเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียด มีความกังวล เมื่อใช้ระบบกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่สามารถตั้งค่าความถี่ได้ เช่น หากตั้งความถี่อยู่ในช่วงอัลฟา (Alpha) จะช่วยเปลี่ยนแปลงคลื่นสมองให้ตอบสนองอยู่ในช่วงความถี่อัลฟาช่วยให้คลายเครียด ผ่อนคลายและมีสมาธิได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ (Bezdek, Wenzel, & Schumacher, 2017)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการใช้ดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถนำมาใช้รักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาทางด้านอารมณ์และจิตใจ เนื่องจาก จะช่วยให้มีการเจริญของเซลล์ประสาท (Neurogenesis) การสร้างเซลล์ประสาทใหม่ขึ้นมาแทนส่วนที่ถูกทำลาย (Regeneration and Repair Neuron) โดยการปรับการหลั่งฮอร์โมนสเตอรอยด์ (Steroid Hormone) ได้แก่ คอร์ติซอล (Cortisol) เทสโตสเตอโรน (Testosterone) และเอสโตรเจน (Estrogen) ให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การปรับตัวของโครงสร้างสมอง (Cerebral Plasticity) (Fukui & Toyoshima, 2008; Bezdek et al., 2017) นอกจากนี้ ยังมีผลช่วยในการปรับคลื่นสมองให้ไปตามคลื่นความถี่ต่าง ๆ ได้อีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่เหมาะสมในบริบทของคนไทย สำหรับเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฟังเพราะที่ผ่านมาเป็นการศึกษาระยะเวลาสั้น ๆ ขณะวัดคลื่นไฟฟ้าสมองทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง แต่การวิจัยนี้จะใช้การทดลองระยะยาวเพื่อดูผลสะสมต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองด้านความใส่ใจ

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats
2. เพื่อนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาไปใช้เพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบผลกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.2 เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.3 เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.4 เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

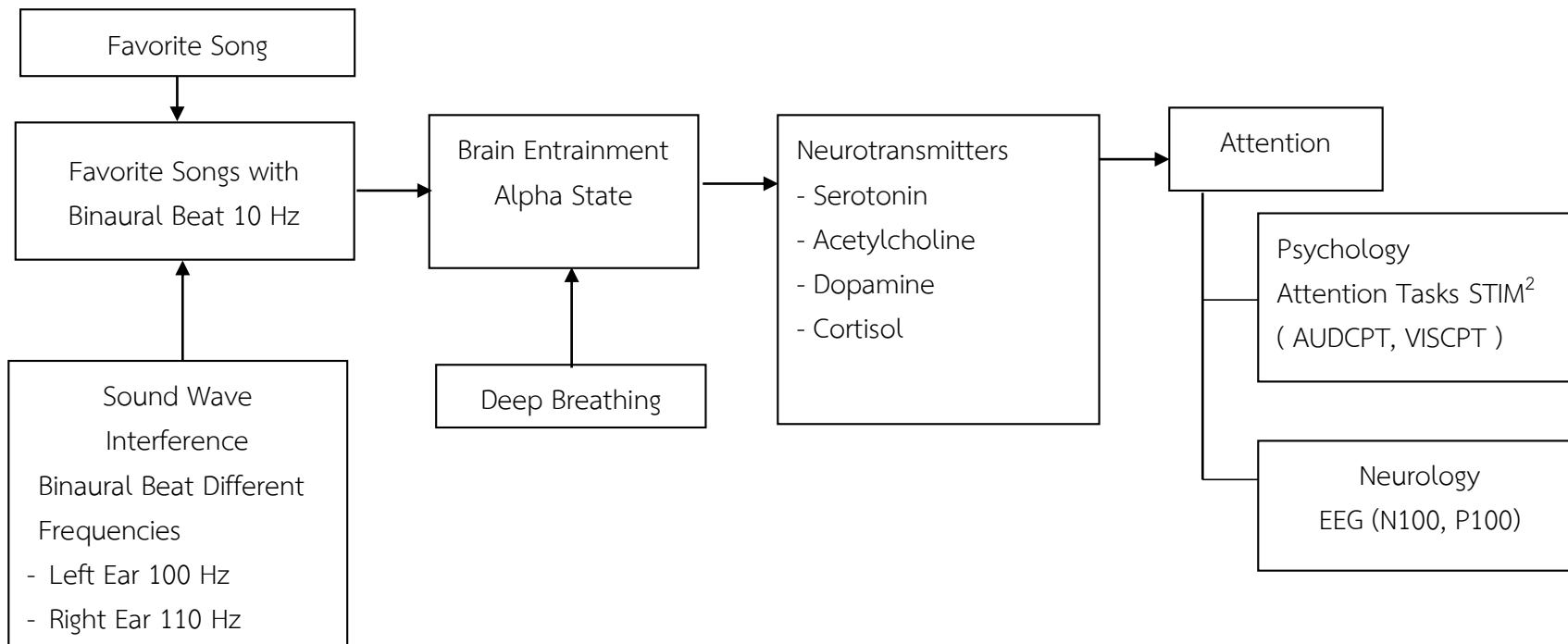
การฟังดนตรีที่มีลักษณะการประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืน (Consonant) และการใช้เสียงเมเจอร์ (Major Key) ที่มีจังหวะเร็วในระดับปานกลางหรือเร็วขึ้น หรือเป็นเพลงที่ชอบ และเลือกฟังด้วยตนเอง เป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นสากลมากที่สุดวิธีหนึ่ง (Menon & Levitin, 2005; Grewe, Nagel, Kopiez, & Altenmüller, 2007; Johnsen, Tranel, Lutgendorf, & Adolphs, 2009)

นอกจากนี้การฟังดนตรีที่ฟังพอใจยังทำให้เกิดคอร์ติซอลซึ่งเป็นฮอร์โมนที่หลั่งมากในภาวะเครียด มีปริมาณลดลง (Fukui & Toyoshima, 2008) กระตุ้นวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการได้รับรางวัล (Reward Pathway) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทโดปามีนผ่านทางมีโซลิมบิก (Mesolimbic Pathway) และมีโซคอร์ติคอล (Mesocortical Pathway) เข้าสู่พรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Ashby, Valentin, & Turken, 2002) ทำให้เกิด Long-Term Potentiation (LTP) (Lynch, 2004; Koelsch, 2010) อันเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุดประสานประสาท (Synapse) เป็นเวลานานขึ้นซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ (Montgomery & Madison, 2004; Arshavsky, 2006) มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างฮิปโปแคมปัสกับพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Hippocampal-Prefrontal Cortex Synaptic Plasticity) โดยจะมีการส่งต่อสัญญาณซึ่งกันและกันระหว่างพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ และเวนทรอล เทกเมนทอล แอเรีย (Ventral Tegmental Area: VTA) ในขณะที่มีการกระตุ้นที่เวนทรอลฮิปโปแคมปัส (Ventral Hippocampus) บริเวณตำแหน่งที่ติดต่อดังกล่าวโดยตรงกับพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Jay, Rocher, Hotte, Naudon, Gurden, & Spedding, 2004) ซึ่งมีส่วนช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองที่ดีขึ้น (Ashby, Valentin, & Turken, 2008)

กระบวนการทำงานของคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่เกิดขึ้นกับคลื่นสมองจะก่อให้เกิดการพัฒนาและแก้ไขความผิดปกติของคลื่นสมอง จึงสามารถนำมาเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียด กังวล การกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่สามารถตั้งค่าความถี่ได้ ซึ่งหากตั้งความถี่ของคลื่นเสียงให้อยู่ในช่วงอัลฟาจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมอง

ที่มีผลให้คลายความเครียด รู้สึกผ่อนคลายและการเพิ่มขึ้นของความใส่ใจนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ (Fernandez-Duque & Posner, 2001; Hobson, 2009; Poe, Walsh, & Bjorness, 2010)

ดังนั้น ผู้วิจัยได้นำหลักการข้างต้นมาบูรณาการ เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่มีคลื่นอัลฟาที่ระดับ 10 Hz แทรกสอดคลื่นเสียงที่ระดับ 100 Hz และ 110 Hz ซึ่งเหมาะสมเพื่อให้เกิดการเพิ่มความใส่ใจตามทฤษฎีการแทรกสอดคลื่นเสียง และประยุกต์รวมเข้ากับดนตรีที่ฟังพอใจ พร้อมทั้งปรับสภาวะผู้เข้าร่วมการทดลองโดยการหายใจเพื่อผ่อนคลาย และนำวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสะท้อนให้เห็นตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น เป็นการวัดศักยภาพสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ควบคู่กับกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) เป็นการวัดผลการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองด้านความใส่ใจ 2 วิธี คือ 1) ด้านพฤติกรรม (Psychology) เป็นการวัดด้วยกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ 2) ด้านประสาทวิทยา (Neurology) เป็นการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย





## ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยที่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1. ได้วิธีการเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats แก้ปัญหาการขาดความใส่ใจและเพิ่มความตื่นตัวในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. ใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ลดความเครียด เพิ่มการผ่อนคลายของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสร้างโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เกี่ยวกับความสามารถทางวิชาการปัญญาด้านอื่น ๆ เช่น ความจำ โรคซึมเศร้า การแก้ปัญหาหรือการตัดสินใจ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วไป

## ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 15-18 ปี จาก โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมศึกษา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 450 คน
2. ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย
  - 2.1 ตัวแปรต้น คือ วิธีการเพิ่มความใส่ใจ แบ่งออกเป็น 2 แบบ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง
  - 2.2 ตัวแปรตาม คือ ความใส่ใจ วัดได้จาก
    - 2.2.1 ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ
    - 2.2.2 เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ
    - 2.2.3 คลื่นไฟฟ้าสมอง ประกอบด้วย ความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

## นิยามศัพท์เฉพาะ

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats (Binaural Beats Music Program) หมายถึง ชุดกิจกรรมการฟังเสียงดนตรีผ่านอุปกรณ์การฟัง โดยที่หูแต่ละข้างได้รับคลื่นความถี่ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดการ Synchronize กันในสมองออกมาเป็นคลื่นความถี่อีกคลื่นหนึ่ง ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองตามต้องการ

โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง หมายถึง ชุดกิจกรรมการฟังเสียงดนตรีผ่านอุปกรณ์การฟัง โดยที่หูแต่ละข้างไม่ได้นำคลื่นความถี่ใด ๆ มาแทรกสอด

ความใส่ใจ (Attention) หมายถึง กระบวนการความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมที่มุ่งเน้นในการเลือกแยกสิ่งสำคัญจากข้อมูลจำนวนมาก มุ่งความใส่ใจต่อจำนวนของข้อมูลที่เป็นสิ่งเร้า การรับรู้และการจำของมนุษย์ เช่น การกระตุ้นด้วยเสียง เป็นต้น

การเพิ่มความใส่ใจ (Attention Enhancing) หมายถึง ความสามารถที่ดีขึ้นในการตอบสนองต่อกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) โดยประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) ที่ใช้ลดลง และการเปลี่ยนแปลงของ ความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

ความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) หมายถึง การกดปุ่มที่กำหนดบนแป้นกดตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (ภาพและเสียง) จากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่แสดงบนหน้าจอบนคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้องภายในเวลาที่กำหนด โดยกดปุ่มคำตอบตรงตามค่าที่กำหนดรายข้อ

เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) หมายถึง เวลาตั้งแต่ที่สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายปรากฏ (ภาพและเสียง) จนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบสนองทุกข้อ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคลมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potentials: ERPs) หมายถึง ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมองที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังจากการปรากฏของสิ่งเร้า ในการศึกษาครั้งนี้ คือ กิจกรรมทดสอบความใส่ใจ VISCPT และ AUDCPT โดยการวัดองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ด้านความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง

คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (Electroencephalography Negative 100) หมายถึง รูปแบบของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Wave Form) ที่เป็นคลื่นลบคลื่นแรก (First Negative) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของความกว้าง (Latency) และความสูง (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังการปรากฏของสิ่งเร้า (Onset) ในช่วงเวลา 70-190 มิลลิวินาที ที่สะท้อนให้เห็นถึงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Amplitude) N100 หมายถึง การวัดระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่าง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ในช่วงเวลา 70-190 มิลลิวินาที เมื่อเทียบกับระยะพัก (Baseline) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ ( $\mu\text{V}$ )

ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Latency) N100 หมายถึง การวัดระยะที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมองของกลุ่มตัวอย่างขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าจนถึงเวลาที่มีระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในช่วงเวลา 70-190 มิลลิวินาที มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 (Electroencephalography Positive Change 100) หมายถึง รูปแบบของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Wave Form) ที่เป็นคลื่นบวกคลื่นแรก (First Positive) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังการปรากฏของสิ่งเร้า (Onset) ในช่วงเวลา 30-100 มิลลิวินาที ที่สะท้อนให้เห็นถึงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Amplitude) P100 หมายถึง การวัดระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดของคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่าง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ในช่วงเวลา 30-110 มิลลิวินาที เมื่อเทียบกับระยะพัก (Baseline) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ ( $\mu\text{V}$ )

ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Latency) P100 หมายถึง การวัดระยะที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมองของกลุ่มตัวอย่างขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าจนถึงเวลาที่มีระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในช่วงเวลา 30-100 มิลลิวินาที มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Secondary School Student) หมายถึง นักเรียนที่กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4-6 อายุระหว่าง 15-18 ปี ของโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ เพื่อศึกษาผลต่อการเพิ่มความใส่ใจ โดยรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นและนำไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบผลของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีไม่แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอโดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ

ความหมายและประเภทของความใส่ใจ

กระบวนการทางสมองที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

ทฤษฎีและแบบจำลองที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

แบบจำลองกระบวนการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์

การประเมินความใส่ใจ

ตอนที่ 2 ทฤษฎี แนวคิดเกี่ยวกับดนตรีและความใส่ใจ

องค์ประกอบของดนตรี

กลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับดนตรี

ผลของเสียงดนตรีต่อความใส่ใจ

ตอนที่ 3 การรับรู้โดยการฟังและระบบประสาทที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

กลไกของการรับรู้

การรับรู้โดยการฟัง (Auditory Perception)

การฟังที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ

ระบบประสาทที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

การได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้าง (Binaural Hearing)

การแทรกสอดของเสียง (Interference) และบีตส์ (Beats)

Binaural Beats (BBs)

ดนตรีแบบ Binaural Beats และการเพิ่มความใส่ใจ

ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ตอนที่ 1 ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ

### ความหมายและประเภทของความใส่ใจ

ความหมายของความใส่ใจ

ราชบัณฑิตยสถาน (2554, หน้า 24) ได้ให้ความหมายของความใส่ใจ หมายถึง ภาวะจิตใจที่จดจ่ออยู่ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ความพยายามที่มุ่งหมายให้เกิดความรู้อย่างกระจ่าง

นันทพล โจรนโกศล (2552) ได้ให้ความหมายของความใส่ใจ (Attention) หมายถึง การมีสติสัมปชัญญะและสตินั้นต้องมีเป้าหมายที่จะทำให้เกิดความรู้อย่างกระจ่างชัด รวมถึงกระบวนการที่มุ่งใส่ใจจำนวนของข้อมูลจำกัด จากจำนวนข้อมูลที่มีเป็นจำนวนมากที่เป็นสิ่งเร้ามนุษย์จากการรับรู้ การจำซึ่งกระบวนการนี้ครอบคลุมไปถึงทุกมุมมองที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการที่มีหรือไม่มีสติสัมปชัญญะ (Conscious Process/ Unconscious Process) กระบวนการที่มี หรือไม่มีสติ (Awareness/ Unawareness) แม้แต่ความไม่ใส่ใจ (Unattention) ก็จัดเป็นความใส่ใจด้วย และหมายถึง ส่วนประกอบของการรับรู้ เป็นตัวช่วยให้เกิดการรับรู้ข้อมูลที่จำเป็น ท่ามกลางข้อมูลอันมากมาย หากไม่สามารถควบคุมความใส่ใจ ข้อมูลเหล่านี้จะไหลเข้าสู่การรับรู้จนนำไปสู่การเสียสติได้ ความใส่ใจนี้ครอบคลุมทั้งในส่วนที่มีสติ (Awareness) และไม่มีสติ (Unawareness)

Anderson (2004, p. 519) ได้ให้ความหมายของความใส่ใจ (Attention) หมายถึง กระบวนการความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมที่มุ่งเน้นในการเลือก ซึ่งแยกกันของข้อมูลที่ไม่ว่าจะเป็นเชิงจิตวิสัย หรือเชิงวัตถุวิสัย (Subjective or Objective) ในขณะที่ละเลยในการรับรู้ข้อมูลอื่น ๆ

William (1950, pp. 381-382) ได้ให้ความหมายของความใส่ใจ (Attention) หมายถึง ความตั้งใจ มุ่งมั่นในแบบที่ชัดเจน ในหลาย ๆ สิ่ง หรือกระบวนการความคิด ซึ่งหมายถึง การแยกตัวจากสิ่งอื่นเพื่อจัดการอีกสิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Moray (2017, p. 6) ได้ให้ความหมายของความใส่ใจ (Attention) หมายถึง การจดจ่อเฉพาะกิจกรรมบางอย่าง เช่น จินตคณิต และพยายามตัดสิ่งกระตุ้นที่จะเข้ามามีผลกระทบกับผลของกิจกรรมนั้น และความตั้งใจจดจ่อแบบสังเกตการณ์

Johnson and Robert (2004, p. 101) กล่าวว่า ความใส่ใจทำหน้าที่เสมือนตัวขยายผล ข้อมูล กระตุ้นให้เกิดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ความใส่ใจอาจมีผลต่อการรับรู้ที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นที่ดี หรือ คัดกรองสิ่งรบกวนออกไป

ความหมายที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปรวมเป็นความหมายของความใส่ใจในงานวิจัยนี้ คือ ความใส่ใจ (Attention) หมายถึง กระบวนการความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมที่มุ่งเน้นในการเลือกแยกสิ่งสำคัญจากข้อมูลจำนวนมาก มุ่งความใส่ใจต่อจำนวนของข้อมูลที่เป็นสิ่งเร้า การรับรู้และการจำของมนุษย์

ประเภทของความใส่ใจ

ความใส่ใจแบ่งประเภทตามลักษณะของสิ่งเร้ามี 3 ลักษณะ ดังนี้ (Dennis & Solomon, 2010)

1. Selective Attention คือ พฤติกรรมที่ใส่ใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะตอบรับต่อสิ่งเร้า ประกอบกับการคงพฤติกรรมดังกล่าวในระยะเวลาหนึ่ง จนละทิ้งความใส่ใจหรือลดความใส่ใจในสิ่งอื่นในขณะเดียวกันนั้น

2. Focused Attention คือ การมุ่งใส่ใจจดจ่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะกระทำต่อสิ่งเร้า โดยเจาะจงแคบลงไปทั้งบางส่วนหรือคุณสมบัติบางประการของสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้น และละทิ้งความใส่ใจหรือลดความใส่ใจในส่วนอื่นหรือคุณสมบัติอื่น ๆ ของสิ่งเร้านั้น ๆ

3. Sustained Attention คือ การมุ่งใส่ใจจดจ่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะกระทำต่อสิ่งเร้า แสดงออกเป็นพฤติกรรมในระยะเวลาหนึ่ง

### กระบวนการทางสมองที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

การศึกษาภาพสมองในมนุษย์และสัตว์ในหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างทางระบบประสาทเกี่ยวกับเครือข่ายความใส่ใจประกอบด้วยส่วนหน้า (Frontal Component) ซึ่งอยู่ในสมองส่วนหน้า (Anterior) และส่วนพาริเอทัล (Parietal Component) ในสมองส่วนหลัง (Posterior) (Driver & Frackowiak, 2001) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. สมองส่วนหน้า (Forebrain) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวและกระบวนการทางปัญญา (Serrien, Ivry, & Swinnen, 2006) โดยพื้นที่หลักของสมองส่วนหน้าที่ใช้ในการศึกษาความใส่ใจ คือ

สมองส่วนหน้าสุดด้านข้างซ้าย (Ventrolateral Prefrontal Cortex: VLPFC) และสมองส่วนหน้าสุดด้านบนซ้ายมีความสำคัญต่อการตอบสนองในส่วนของการควบคุมบนลงล่าง (Botvinick, Cohen, & Carter, 2004) ให้ความใส่ใจโดยตรงต่อกิจกรรมและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

สมองส่วนคอร์เทกซ์ด้านหน้า (Anterior Cingulate Cortex: ACC) ทำหน้าที่ควบคุมค้นหาความขัดแย้งจากสิ่งกระตุ้นที่มารบกวน (Weissman, Warner, & Woldorff, 2004) การเลือกตอบสนองและการยับยั้งสมองส่วนนี้จะถูกกระตุ้นเมื่อต้องให้ความใส่ใจต่อลักษณะสิ่งเร้าที่มีมากกว่าหนึ่งลักษณะ

2. สมองส่วนพาริเอทัล (Parietal) มีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินการและกำหนดเป้าหมายตามการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง (Kanwisher & Wojciulik, 2000) คือ ส่วนโพสทีเรียร์ซูพีเรียร์ พาริเอทัล (Posterior Superior Parietal Lobe: PSPQ) มีหน้าที่วิเคราะห์ผสมผสานข้อมูลของการมองเห็นในระดับสูงและเป็นเครือข่ายของการเกิดความใส่ใจ การจดจ่อร่วมกับบริเวณสมองส่วนหน้า คือ เครือข่ายพาริเอทัล (Frotoparietal Network) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณความใส่ใจจากบนลงล่าง (Top-Down Attention) ไปยังพื้นที่อื่น ๆ ในระบบ เช่น ส่วนรับรู้ความรู้สึกเพื่อให้ใส่ใจต่อลักษณะของสิ่งเร้า (Frith, 2001) นอกจากนี้ มีพื้นที่หลายส่วนที่มีความสำคัญกับความใส่ใจจึงเป็นเครือข่ายทำงานร่วมกันในบริเวณเปลือกสมองและใต้เปลือกสมอง เช่น เรติคูลาร์ฟอร์มชัน (Reticular Formation) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่เข้ามาไปยังทาลามัส (Thalamus) ซึ่งอยู่ใต้ซีรีบรัม (Cerebrum) และอยู่เหนือไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ทำหน้าที่เหมือนศูนย์ถ่ายทอดสัญญาณของร่างกายระหว่างไขสันหลังและซีรีบรัม (Cerebrum) โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมกระแสประสาทที่ผ่านเข้าแล้วถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังส่วนต่าง ๆ ของสมองที่เกี่ยวข้องกับกระแสประสาทนั้น ๆ โดยแปลสัญญาณที่รับเข้ามา เพื่อปรับความใส่ใจและการกรองสิ่งรบกวน (Filbey, Russell, Morris, Murray, & McDonald, 2008)

สมองซีกขวาเป็นสมองที่เป็นจิตใต้สำนึกมีหน้าที่เกี่ยวกับทิศทางสร้างกระบวนการต่าง ๆ อย่างรวดเร็วทำให้สามารถทำอะไรหลายอย่างในเวลาเดียวกันจะมองภาพแบบรวม ๆ มากกว่า

การเจาะรายละเอียด เป็นส่วนที่ค่อนข้างผ่อนคลายและมีหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้เข้าใจ (Perception) มากกว่าสมองซีกซ้าย ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในจิตสำนึกที่สามารถทำได้ทีละอย่างและทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกการมุ่งใส่ใจจดจ่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะกระทำต่อสิ่งเร้าโดยเจาะจงแคบลงไปทีละบางส่วนหรือคุณสมบัติบางประการของสิ่งใดสิ่งหนึ่งและละทิ้งความใส่ใจหรือลดความใส่ใจในส่วนอื่นหรือคุณสมบัติอื่น ๆ ทั้งหมดมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของสมองในบริเวณส่วนหน้า (Frontal Cortex) และมีการเชื่อมโยงกับการทำงานของสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) เมื่อมีความใส่ใจต่อสิ่งเร้าสมองชั้นของ Prefrontal Lobe จะรับใยประสาทนำเข้ามาจากสมองส่วนกลางและสมองส่วนหน้า

สิ่งเร้าที่กระตุ้นการทำงานของ Anterior Attention System จะส่งใยประสาทไปกระตุ้นการทำงานของ Posterior Attention System บริเวณ Parietal Cortex ของสมองจากนั้นจะส่งใยประสาทไปซึ่งมีอิทธิพลต่อระบบประสาทรับความรู้สึกด้วย โดยบริเวณนี้จะส่งไปยังสมองส่วน Prefrontal Cortex และสมองบริเวณ Amygdala เกิดเป็นกระบวนการที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการตัดสินใจต่อสิ่งเร้า (Cognitive Processing) ซึ่งเป็นกระบวนการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า ขั้นสูงสุดกระบวนการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้านี้จัดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากในการเข้ารหัส (Encoding) กระบวนการเรียนรู้และความจำโดยสมองที่มีบทบาทส่วนนี้ ได้แก่ บริเวณที่เรียกว่า Prefrontal และ Posterior Parietal ซึ่งกระบวนการเข้ารหัสเป็นกระบวนการเริ่มต้นที่สำคัญของความใส่ใจ ซึ่งกระบวนการความใส่ใจมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ (ปรัชญา แก้วแก่น, 2555)

องค์ประกอบที่ 1 ความตื่นตัว (Alert) หมายถึง การปรับสภาพให้พร้อมรับสถานการณ์ที่จะเกิด (Task Related Event) ทั้งนี้ต้องการบรรลุจากสภาวะปกติ (Internal State) และต้องคงสภาพระดับของการกระตุ้นให้คงอยู่ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญที่สุดที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดโครงข่ายความใส่ใจ (Attentional Network) การศึกษาทางประสาทกายวิภาคศาสตร์ (Neuroanatomy) และเทคโนโลยีภาพถ่ายรังสี (Radiology) ในปัจจุบันพบว่า ความตื่นตัวมีความเกี่ยวข้องกับสมองส่วนทาลามัส (Thalamus) กลีบสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) และกลีบสมองส่วนบน (Parietal Lobe) และสารสื่อประสาทที่มีความสำคัญต่อความตื่นตัว คือ นอร์เอพิเนฟริน (Norepinephrine) ที่จะทำหน้าที่ปรับสัญญาณประสาท (Neural Activity Modulation)

องค์ประกอบที่ 2 การจัดเรียง (Orient) เป็นการเลือกข้อมูลที่เกิดจากสิ่งเร้าภายนอก สิ่งเร้าอาจมีหลายอย่าง ขั้นตอนของการรับรู้การจัดเรียงนั้นจะมุ่งที่สัญญาณนำเข้า (Input) ที่สำคัญที่สุดในทางสรีระที่เรียกว่า Afferent Nerve Fiber หมายถึง เส้นใยประสาทซึ่งนำสัญญาณประสาทเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง เช่น รับความรู้สึก (Sensation) จากตัวรับ (Receptors) ขั้นตอนของการรับรู้การจัดเรียงจะเกี่ยวข้องในช่วงนี้ มีหลักฐานการวิจัยที่ชี้ชัดว่าพื้นที่สมองที่มีความเกี่ยวข้อง คือ กลีบสมองส่วนบน (Frontal Lobe) กลีบสมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) รวมถึงบริเวณสมองส่วนการรับภาพ (Frontal Eye Field) ซึ่งการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องในส่วนของการรับรู้การจัดเรียงสามารถแบ่งออกเป็นหลายลักษณะ คือ การควบคุมแบบอิสระจากบนลงล่าง (Top-Down and Controlled) การควบคุมแบบไม่อิสระจากล่างขึ้นบน (Involuntary Bottom-Up and Automatic)

องค์ประกอบที่ 3 ความใส่ใจขั้นสูง (Executive Attention) คือ ความสามารถในการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ซับซ้อน โดยที่การแสดงออกสามารถเกิดขึ้นได้หลายแบบ การควบคุมการทำงานของความใส่ใจขั้นสูง มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนจนได้ผลลัพธ์ คือ ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ ดังนั้น กระบวนการนี้จึงมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองขั้นสูง (Higher Brain Function) ประกอบด้วยการวางแผน การตัดสินใจ การแยกความแตกต่างระหว่างความถูกต้องหรือสิ่งที่ผิดสถานการณ์เก่าหรือสถานการณ์ใหม่ที่ต้องตอบสนอง วิธีการทดลองที่เป็นการศึกษา คือ Stroop Task โดยผู้เข้าร่วมการทดลองต้องมีการตอบสนองต่อสีหมึกที่ใช้พิมพ์ โดยไม่ตรงกับความหมายที่ปรากฏ ผลปรากฏว่าผู้อ่านจะต้องใช้เวลามากขึ้นในการบอกความหมายของคำที่เป็นเช่นนี้เพราะสีของหมึกที่พิมพ์ มารบกวนความใส่ใจของผู้อ่าน ทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้นในการบอกความหมายของคำ การศึกษาทางประสาททฤษฎีวิทยาศาสตร์และภาพถ่ายรังสี พบว่า พื้นที่สมองที่มีความเกี่ยวข้อง คือ ตรงกลางของสมองส่วนหน้า (Anterior Cingulate Cortex) และสมองส่วนหน้าด้านข้าง (Lateral Prefrontal Cortex) (Tang et al., 2007)

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นยังมีสารสื่อประสาทที่มีหน้าที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความใส่ใจ เช่น อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) โดปามีน (Dopamine) กลูตาเมต (Glutamate) ซึ่งเมื่อเพิ่มมากขึ้นในสมองส่วนหน้าจะทำให้เพิ่มความใส่ใจและการมีสติสัมปชัญญะดีขึ้น ซึ่งอะเซทิลโคลีนที่เพิ่มขึ้นบริเวณสมองส่วนพาริเอทัลจะทำให้ความสามารถในการกำกับดูแลตนเองและการรับรู้ดีขึ้นซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้จากการปรับคลื่นสมองให้อยู่ในสภาวะที่ผ่อนคลายและการมีสมาธิ (สมพร กันทรคุชฎี เตรียมชัยศรี, 2554, หน้า 23) โดยการศึกษาจาก National College of Natural Medicine, Portland ในกลุ่มผู้ใหญ่ 8 คนที่มีสุขภาพดี ฟัง CD ที่มีคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats คลื่นเตลต่ำที่ความถี่ 0-4 Hz เป็นเวลาติดต่อกัน 60 วัน ผลลัพธ์ที่ได้ทางด้านสรีรวิทยาตรวจสอบว่า อินซูลิน (insulin) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ .01 และโดปามีน (Dopamine) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ .05 เมื่อเปรียบก่อนและหลังการทดลอง (Helané, Carlo, & Heather, 2007) และข้อมูลจาก Marie Curie Cancer Memorial Foundation Research Department ชี้ให้เห็นว่า คลื่นความถี่ในสมอง บางคลื่นสามารถเร่งการผลิตสารสื่อประสาทได้หลากหลายตัว คลื่นที่ต่างกันมีผลต่อสารเคมีในสมองที่แตกต่างกัน อย่างเช่น คลื่นสมอง อัลฟาที่ 10 Hz จะเร่งการผลิต เซโรโทนิน (Serotonin) ซึ่งเป็นสารเคมีในสมองที่ช่วยผ่อนคลายและลดความเจ็บปวด

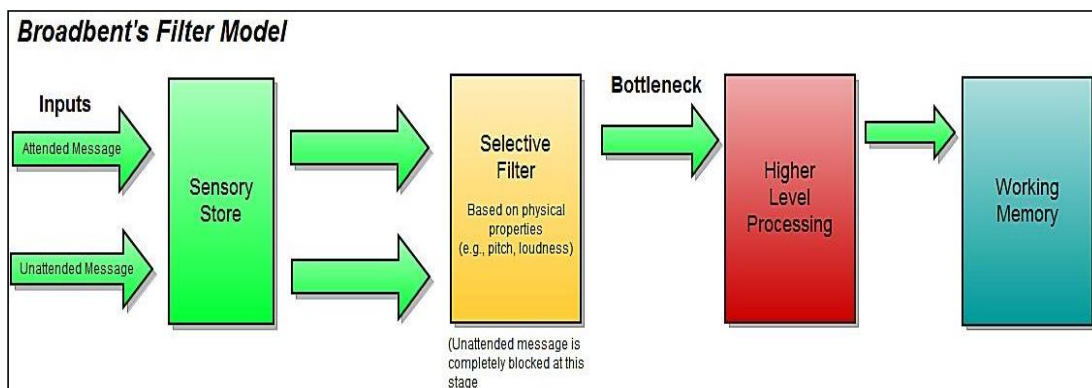
### ทฤษฎีและแบบจำลองที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

ทฤษฎีและแบบจำลองที่เกี่ยวกับความใส่ใจมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบจำลองของโดแนล บรอดเบนท์ (Broadbent's Filter Model) ซึ่งได้อธิบายถึงกระบวนการรับข้อมูลความใส่ใจ โดยที่บุคคลสามารถเลือกหรือคัดกรองที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ (Selective Attention) ในขณะเดียวกัน บุคคลยังสามารถแบ่งความใส่ใจไปกับกิจกรรมสองสิ่งได้ในเวลาเดียวกันอีกด้วย (Divided Attention) จากนั้น จึงเข้าสู่ความจำระยะสั้น (Short Term Memory) อันเป็นกระบวนการที่รับข้อมูลมาจากตัวตรวจหา (Detector) เรียกแบบจำลองนี้ว่า Early-Selection Model อันเนื่องจาก มีข้อมูลจำนวนมากที่เข้ามาตามช่องทางทั้งข้อมูลที่ใส่ใจและไม่ใส่ใจ ซึ่งเกินกว่าที่รับได้ เหตุผลนี้ ทำให้บางข้อมูลต้องถูกยับยั้งหรือไม่ใส่ใจ (McLeod, 2008) ซึ่งลักษณะหลักของแบบจำลอง มีดังนี้ 1) แหล่งเก็บข้อมูลรับสัมผัส ข้อมูลที่เข้ามาได้รับการจัดเก็บไว้



ในอวัยวะรับสัมผัส (Sensory Store) ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ 2) ตัวกรองข้อมูลรับสัมผัส ข้อมูลที่ใส่ใจจะยึดหลักคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพมากกว่ารายละเอียด เช่น เสียงดัง เบา สี รูปร่าง ส่วนข้อมูลที่ถูกกรองออกจะหายไปทันทีสุด ดังแสดงในภาพที่ 2-1

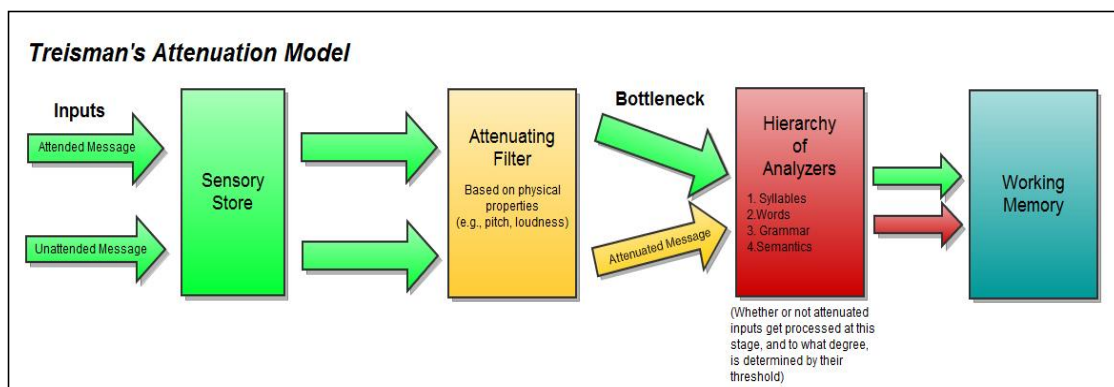


ภาพที่ 2-1 แบบจำลอง Broadbent's Filter Model

ที่มา: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Broadbent\\_Filter\\_Model.jpg?uselang=hu](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Broadbent_Filter_Model.jpg?uselang=hu) (2013)

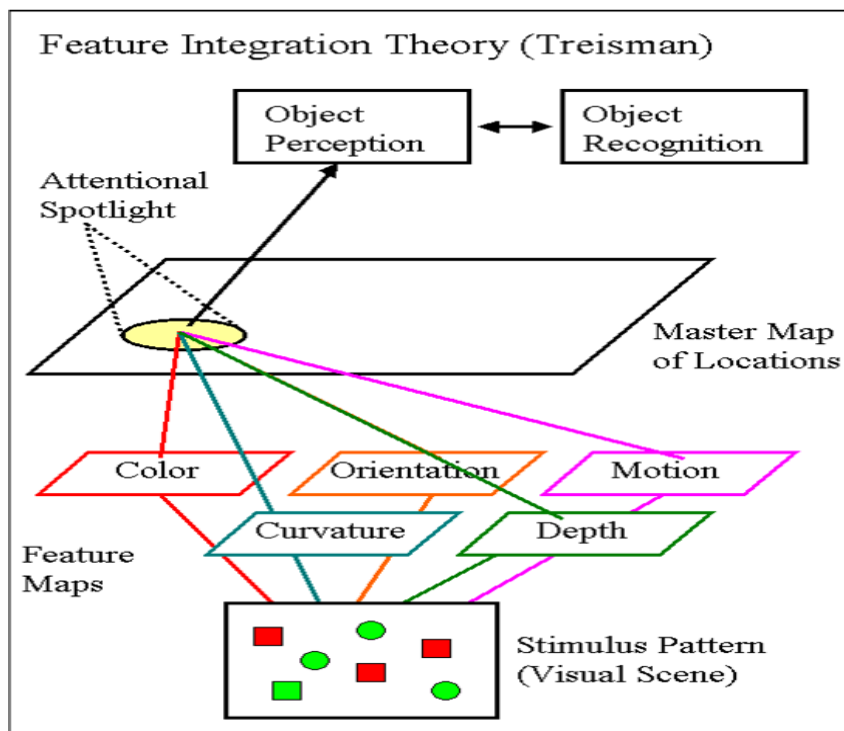
2. แบบจำลอง Deutsch and Deutsch's Late Selection Model ของ Deutsch and Deutsch (1963) ความเกี่ยวข้อง (Pertinence) หมายถึง ลักษณะสำคัญของสิ่งเร้าความเกี่ยวข้องกับการกระตุ้น เช่น เสียงเรียกชื่อของเราหรือสิ่งที่มองเห็นนั้นเป็นสิ่งที่เราใส่ใจ หรือมีผลกระทบโดยตรงต่อกิจกรรมที่กำลังทำอยู่ เช่น สัญญาณไฟจราจรในขณะที่เรากำลังขับรถ แนวคิดของแบบจำลองนี้มีความเกี่ยวข้องกับเป้าหมายเชิงพฤติกรรมและกระบวนการทางจิต ที่ช่วยอธิบายปรากฏการณ์ Cocktail Party Effect ของ Colin Cherry และบางส่วนในแบบจำลองของบรอดเบนท์ (Broadbent) ให้ชัดเจนขึ้น (Fulcher, 2009)

3. ทฤษฎี Attenuation Theory ของ Anne Treisman (1964) ซึ่งทฤษฎีนี้ จะแบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ตัวลดทอน (Attenuator) เป็นขั้นตอนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่เข้ามาเป็นจำนวนมากทำให้เกิดเป็นคอขวด (Bottleneck) ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์ทางกายภาพ เช่น เร็ว ช้า ดัง หรือ เบา เป็นต้น ชั้นที่ 2 เป็นชั้นการเรียงลำดับกลุ่มแบบพจนานุกรม (Dictionary Units) ซึ่งเป็นขั้นของการเก็บรักษาข่าวสารเพื่อไว้สำหรับในการถูกกระตุ้น (Activated) และนำไปสู่ความจำขณะทำงาน (Working Memory) ซึ่งแบบจำลองนี้เป็นรูปแบบการกรองขั้นต้นที่ดำเนินการกับลักษณะทางกายภาพของข้อมูล เช่นเดียวกับ Broadbent's Filter Model แต่ความแตกต่างที่สำคัญ คือ ตัวกรองของ Treisman Attenuates เป็นการลดทอนแทนที่จะกำจัดสิ่งที่ไม่ใส่ใจ (Fulcher, 2009) ลักษณะหลักของแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้ 1) การเลือกอยู่บนพื้นฐานของด้านกายภาพเป็นหลัก เช่นเดียวกับ Broadbent's Filter Model และ 2) ถ้าข้อมูลที่ถูกลดทอนลงยังคงอยู่ ซึ่งสามารถรวบรวมและส่งผลต่อการกระทำได้ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แบบจำลอง Treisman's Attenuation Model (Fulcher, 2009)

4. ทฤษฎี Feature-Integration Theory of Attention ของ Anne Treisman and Garry Gelade (Treisman & Gelade, 1980) แสดงให้เห็นว่า เมื่อใดก็ตามที่คุณลักษณะของสิ่งเร้าเกิดขึ้นร่วมกันซึ่งสามารถแยกออกจากกันได้มากกว่าหนึ่ง เพื่อจำแนกคุณลักษณะหรือแยกแยะความแตกต่างของวัตถุ เมื่อมีการรับรู้ของคุณลักษณะของสิ่งเร้า ซึ่งเป็นการบันทึกไว้ในช่วงต้นโดยอัตโนมัติในขณะที่จะมีการแยกแยะ วิเคราะห์ วัตถุในแบบคู่ขนาน ในระยะต่อมาของการประมวลผล ซึ่งทฤษฎีนี้ยังแสดงให้เห็นอีกว่า เมื่อใดก็ตามที่การเกิดขึ้นร่วมกันมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะของวัตถุที่สามารถแยกออกจากกันได้ มีความจำเป็นที่จะต้องอธิบายคุณลักษณะหรือความแตกต่างของวัตถุ รวมถึงการค้นหาสิ่งที่มองเห็น การแบ่งแยกลักษณะพื้นผิว การระบุเอกลักษณ์และตำแหน่งหรือการใช้ทั้งสองมิติที่สามารถแยกได้ เช่น รูปร่าง สี และเฉพาะส่วนขององค์ประกอบหรือบางส่วนของรูปร่าง เช่น สี ตำแหน่ง การเคลื่อนที่ ความลึก โครงร่างหรือเส้นโค้ง เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ทฤษฎี Feature-Integration Theory of Attention (Fulcher, 2009)

5. ทฤษฎี Biased Competition Theory (Desimone & Duncan, 1995) ทฤษฎีนี้กล่าวถึง กลไกการรับรู้ของสิ่งเร้าที่ผ่านการรับรู้เข้ามาจำนวนมากซึ่งจะมีการแข่งขันของข้อมูลทำให้เกิดการเลือก (Selective Attention) เป็นพฤติกรรมที่ใส่ใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะตอบรับต่อสิ่งเร้า ประกอบกับการคงอยู่ของพฤติกรรมดังกล่าวในระยะเวลาหนึ่ง จนกระทั่งความใส่ใจหรือลดความใส่ใจ หลังจากนั้นจะเกิด Focused Attention คือ การมุ่งใส่ใจแบบจดจ่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งต่อสิ่งเร้า โดยเจาะจงแคบลงไปที่บางส่วนหรือคุณสมบัติบางประการของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น สี รูปร่าง ที่เป็นลักษณะทางกายภาพ และละทิ้งความใส่ใจหรือลดความใส่ใจในคุณสมบัติอื่น ๆ ทั้งหมดของสิ่งเร้า โดยจะมีความเชื่อมโยงกับการทำงานของระบบประสาท เช่น เมื่อมีแสงตกกระทบกับสิ่งเร้านั้นแล้ว ส่งสัญญาณเข้าสู่ตาของมนุษย์ เกิดการรับรู้ กระบวนการนี้ คือกระบวนการ Bottom Up และหลังจากนั้นมนุษย์ก็จะมีความรู้ว่าสิ่งที่เห็นนั้นเป็นอะไร ซึ่งเมื่อมีความรู้หรือประสบการณ์แล้วเกิดการรับรู้และประมวลผล ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า Top Down Processing ซึ่ง Desimone ได้ยกตัวอย่าง เช่น เมื่อคนเดินเข้าไปในป่าพบผีเสื้อเกาะอยู่ข้างต้นไม้ นั่นก็เพราะว่าเมื่อมีแสงตกกระทบวัตถุแล้วเชื่อมโยงกับระบบประสาทเข้าสู่ตา (Bottom up) และจดจำได้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา นั่นคือ ผีเสื้อ (Top Down)

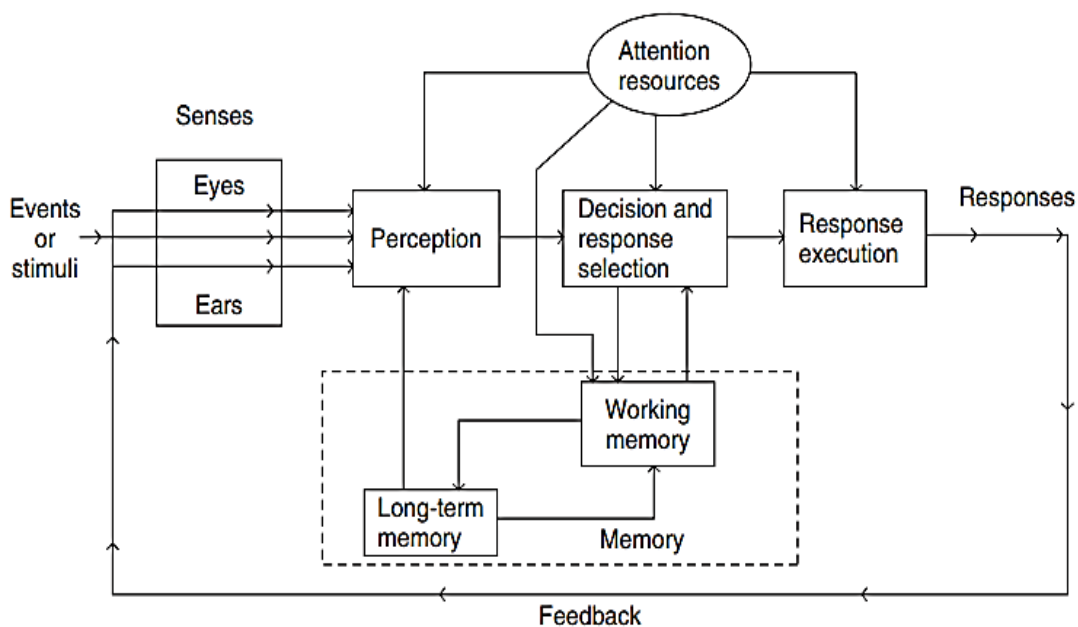
#### แบบจำลองกระบวนการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์

แบบจำลองกระบวนการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (Model of Human Information Processing) ประกอบด้วยลำดับของขั้นตอนต่าง ๆ ที่นำเสนอของกระบวนการ ส่วนของลูกศรแสดงการไหลเวียนของข้อมูลจากขั้นตอนหนึ่งไปยังขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการนำเข้า (Input Process) ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลสิ่งเร้าต่าง ๆ ขั้นตอนการเก็บสะสม (Storage Process) ครอบคลุม

ทุกสิ่งที่เกิดขึ้นกับสิ่งเร้าต่าง ๆ ภายในสมองและการจัดการสิ่งเร้าเหล่านี้ ขั้นตอนของผลลัพธ์ที่ได้ (Output Process) และการเตรียมการตอบสนองที่เหมาะสมต่อสิ่งเร้าเหล่านั้น

แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ เริ่มจากการนำเข้าสู่ข้อมูลสิ่งเร้าต่าง ๆ ผ่านเข้ามาทางอวัยวะรับความรู้สึก (Sense Organs) เช่น ภาพ เสียง กลิ่น รสและสัมผัส เป็นต้น จากนั้นดำเนินการตอบสนองด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการบนลงล่าง (Top-Down Processing) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้รับจากภายนอกไว้ที่อวัยวะรับความรู้สึก คือ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวหนัง เป็นระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อสมองเกิดความใส่ใจ ข้อมูลจะถูกส่งไปยังกระบวนการรับรู้ (Perceptual Process) เพื่อทำงานต่อและบันทึก (Encode) ข้อมูลที่ได้มาใช้ในกระบวนการประมวลผลกลาง (Central Processing) คือ การคิด การตัดสินใจและการแก้ปัญหา ตลอดจนความจำขณะทำงาน มีการนำข้อมูลจากความจำระยะยาวซึ่งเก็บข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ที่เราสะสมไว้มาใช้พัฒนาการรับรู้ และกำหนดการตอบสนอง (Responding) ส่วนกระบวนการล่างขึ้นบน (Bottom-Up Processing) เกิดเมื่อสมองเกิดความใส่ใจต่อข้อมูลที่ได้รับจากอวัยวะรับความรู้สึก ข้อมูลจะถูกส่งไปยังกระบวนการรับรู้และการเลือกตอบสนอง (Response Selective) ซึ่งเป็นการจับคู่ข้อมูลที่เข้ามาทำให้เราสามารถรับรู้อย่างรวดเร็วว่ามีอะไรเกิดขึ้น สิ่งที่เกิดขึ้นจะเป็นอะไรและการตอบสนองอะไรเหมาะสมที่สุด (Wickens & Carswell, 2006, pp. 111-149)

กระบวนการล่างขึ้นบนมีมากในกระบวนการรับรู้ ส่วนกระบวนการบนลงล่าง พบมากในกระบวนการประมวลผลกลางและกระบวนการเคลื่อนไหว (Motor Process) (Sanders, Stevens, Coch, & Neville, 2006) ทั้งสองกระบวนการมีความใส่ใจเป็นศูนย์กลางทำหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ เป็นตัวเลือกที่จะจำกัดข้อมูลที่จะรับรู้และตัวจัดการกิจกรรมว่าต้องทำอะไร นอกจากนี้แบบจำลองได้แสดงการป้อนกลับข้อมูลที่ได้จากการตอบสนองที่ล้มเหลว หรือ ประสบความสำเร็จ ตลอดจนการปรับเปลี่ยนการตอบสนองไปยังระบบประสาทสัมผัส (Wickens & Carswell, 2006, pp. 111-149) ดังแสดงในภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 แบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (Wickens & Carswell, 2006 p. 119)

จากแบบจำลองแสดงถึงการเชื่อมโยงของความใส่ใจ ว่าเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการทางปัญญาโดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของกระบวนการทางปัญญาหลายด้าน เช่น การรับรู้ ความจำ และการแก้ไขปัญหา (Bahrick, 2010, pp. 120-166) สามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. การรับรู้ (Perception) ความใส่ใจมีความสำคัญสำหรับการรวมคุณลักษณะของวัตถุ เช่น สี รูปร่าง ตำแหน่งและการกำหนดทิศทางของกระบวนการรับรู้
2. ความจำ (Memory) กระบวนการเพิ่มความใส่ใจ ช่วยเพิ่มความสามารถในการเข้ารหัส การเก็บข้อมูลให้คงอยู่เป็นระยะเวลานานมากขึ้น
3. การแก้ไขปัญหา (Solving Problem) ความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาขึ้นอยู่กับความใส่ใจที่มีต่อปัญหานั้น

ประเด็นสำคัญของการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมองเมื่อศึกษาด้วยแบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ประกอบด้วย (McLeod, 2008)

1. การจัดลำดับสิ่งเร้าที่เข้ามา กระบวนการจัดการลำดับที่มีประสิทธิภาพ หมายถึง การดำเนินการกระบวนการหนึ่งเสร็จก่อนที่จะเริ่มกระบวนการถัดไป ส่วนกระบวนการคู่ขนานเป็นกระบวนการทั้งหมดหรือบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมกระบวนการคิดซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกัน กระบวนการนี้ได้มาจากการทดลองกิจกรรมสองอย่างในเวลาเดียวกัน (Dual-Task) กระบวนการคู่ขนานอาจเกิดขึ้นได้ แต่ยากต่อการที่จะระบุว่ากิจกรรมมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับหรือคู่ขนาน เพราะว่ากระบวนการจะเปลี่ยนไปตาม 1) กระบวนการที่ต้องการแก้ไขปัญหา และ 2) การฝึกทำกิจกรรมกระบวนการคู่ขนานเกิดได้บ่อยในคนที่มีทักษะสูง เช่น เสมียนพิมพ์ดีดที่มีทักษะสามารถใส่ใจตัวอักษรที่อยู่ข้างหน้าได้หลายตัวในขณะที่ผู้เริ่มฝึกหัดใส่ใจได้เพียง 1 ตัวอักษร
2. กระบวนการคิดของมนุษย์และการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในเรื่องของขอบเขตวิธีการประมวลผลข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นระบบการประมวลผลข้อมูลรบกวนที่คอมพิวเตอร์มีการรวบรวมข้อมูล โดยเก็บสะสมข้อมูลเตรียมไว้สำหรับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ส่วนมากมีหน่วยประมวลผลกลางที่มีศักยภาพจำกัด แต่สมองของมนุษย์มีศักยภาพครอบคลุมกระบวนการคู่ขนาน ส่วนการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ขึ้นอยู่กับกระบวนการจัดลำดับ แต่มนุษย์ควบคุมจากกระบวนการคิด อาจอาศัยปัจจัยความขัดแย้งทางอารมณ์และแรงจูงใจร่วมด้วย
3. หลักฐานเกี่ยวกับทฤษฎีหรือแบบจำลองต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับความใส่ใจเหล่านี้ ล้วนเกิดขึ้นภายใต้กระบวนการประมวลผลข้อมูลส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนฐานของการทดลองภายใต้การควบคุมเงื่อนไขทางวิทยาศาสตร์ที่ส่วนมากเป็นการศึกษาในห้องทดลอง

โดยสรุป กระบวนการคิดมีการเชื่อมโยงกันเพื่อนำไปสู่เป้าหมาย ในทางตรงข้าม การทดลองภายในห้องทดลองจะแยกกระบวนการคิดรูปแบบอื่นและปัจจัยเกี่ยวกับแรงจูงใจจากกันอย่างสมบูรณ์ แม้ว่าการทดลองในห้องทดลองเหล่านี้ทำให้ง่ายต่อการแปลผล แต่ข้อมูลนั้นอาจไม่สามารถนำไปใช้ได้ในโลกแห่งความจริงภายนอกห้องทดลองได้ ปัจจุบันมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อกระบวนการคิด เช่น วงจรการรับรู้ แต่ส่วนใหญ่ความใส่ใจจะถูกศึกษาแยกจากกระบวนการคิดอื่น แม้ว่าการทำหน้าที่ของระบบจะมีการพึ่งพาอาศัยกระบวนการคิดที่เกี่ยวกับการรับรู้และความจำจากข้อมูลดังกล่าว

### การประเมินความใส่ใจ

วิธีการวัดการเพิ่มความใส่ใจที่นำมาใช้ในการวิจัยมีหลากหลายประเภท ทั้งแบบทดสอบที่เป็นกระดาษและการทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้มีการนำเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ซึ่งเป็นการวัดทางชีววิทยา ทางกายวิภาค และทางสรีรวิทยาของสมองที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ ซึ่งแบบทดสอบทางจิตวิทยาไม่สามารถชี้ให้เห็นว่าสมองส่วนไหนที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างจากการใช้เทคนิควิเคราะห์ด้วยการสร้างภาพสมอง ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น Positron Emission Tomography (PET) การถ่ายภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance imaging: MRI) และ Magnetoencephalography (MEG) (Ahveninen et al., 2011) เป็นต้น ข้อดีของวิธีการเหล่านี้ คือ สามารถให้รายละเอียดทางพื้นที่ (Spatial Resolution) ได้ดี เหมาะสำหรับการวิเคราะห์บริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในสมอง แต่วิธีการเหล่านี้ มีข้อจำกัดทางด้าน การตอบสนองทางเวลาที่ช้า การติดตั้งเครื่องมือใช้เวลานาน จำกัดพื้นที่สำหรับการทำกิจกรรมในการทดลอง ส่วนการใช้วิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าบริเวณเปลือกนอกของสมอง จะได้คลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งสามารถวัดการตอบสนองทางเวลาของคลื่นไฟฟ้าสมองได้รวดเร็ว (ระดับมิลลิวินาที) และสามารถกำหนดกิจกรรมการทดลองได้หลากหลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความใส่ใจ การประเมินความใส่ใจ เช่น

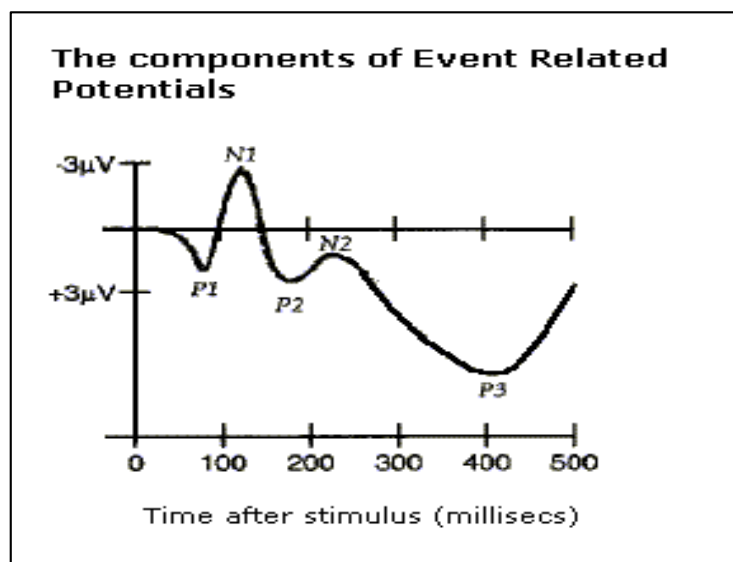
1. แบบทดสอบทางจิตวิทยาที่ใช้วัดความใส่ใจ ได้แก่ ดิทูเทสต์ (d2 Test) ใช้วัดความใส่ใจต่อสิ่งกระตุ้นและการมีสติในการยับยั้งสิ่งรบกวน โดยแบบทดสอบมีตัวอักษรทั้งหมด 14 แถว ซึ่งแต่ละแถวมีตัวอักษรจำนวน 47 ตัว ผสมกันอย่างสุ่ม แต่ละแถวใช้เวลา 20 วินาทีในการขีดเส้นคู่ได้ หรือเหนือตัวอักษร D เท่านั้น (Budde, Voelcker- Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008)

2. การทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ ได้แก่ Attention Network Test (ANT) ประกอบด้วย การตื่นตัว (Alertness) การเลือกสิ่งกระตุ้น (Orienting) และการแก้ปัญหาความขัดแย้ง (Conflict Resolution) โดยให้ตอบสนองต่อลูกศรที่เป็นเป้าหมายซึ่งอยู่ตรงกลางแถวว่าชี้ไปทางเดียวหรือตรงข้ามกันอย่างไรอย่างหนึ่ง มีจำนวนทั้งหมด 288 การทดสอบ (Tang et al, 2007)

3. อินเตอร์เฟอเรนซ์พาราโดม (Interference Paradigm) เป็นการตอบสนองต่อการแยกแยะ (โดยการกดปุ่มซ้ายกับกดปุ่มขวา) ต่อสิ่งกระตุ้นหนึ่ง โดยไม่ใส่ใจสิ่งกระตุ้นอื่น ๆ สำหรับกิจกรรมความขัดแย้ง (Conflict Tasks) การทดสอบ Stroop Test) อาจถูกกำหนดมาให้ตอบสนองต่อสิ่งที่เหมือนกัน หรือตรงข้ามกับเป้าหมายและกิจกรรมออกบอล (Oddball) ผู้ถูกทดลอง จะได้รับการแนะนำให้ใส่ใจสิ่งที่ไม่ค่อยปรากฏ (เป้าหมาย) และไม่ใส่ใจสิ่งที่ปรากฏบ่อย (ไม่ใช่เป้าหมาย) (Ridderinkhof & van der Stelt, 2000) เช่น งานวิจัยของ Hillman, Castelli and Buck (2009) ที่ศึกษาสมรรถภาพทางกายและการทำงานของกระบวนการรู้คิดทางประสาทวิทยาในกลุ่มเด็กวัยรุ่น ผู้ถูกทดลองในการศึกษา คือ เด็กวัยรุ่นและผู้ใหญ่ตอนต้น จำนวน 24 คน ใช้การทดสอบที่เรียกว่า วิวอล ออดบอลพาราโดม (Visual Oddball Paradigm) เพื่อศึกษาพฤติกรรมตอบสนองและสัญญาณไฟฟ้าของสมอง (Neuroelectronic) โดยผู้ถูกทดลองตอบสนองต่อเป้าหมาย ขณะที่ไม่รับรู้

สิ่งที่ไม่ใช่เป้าหมายแล้วนำเวลาการตอบสนองและความถูกต้องเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Hillman, Castelli, & Buck, 2009)

4. การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event-Related Potentials: ERPs) เป็นการศึกษาการตอบสนองของคลื่นไฟฟ้าสมองซึ่งเป็นผลโดยตรงจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งการวัดความใส่ใจ ส่วนมากจะเป็นการนำข้อมูลองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 มาใช้ในการวิเคราะห์

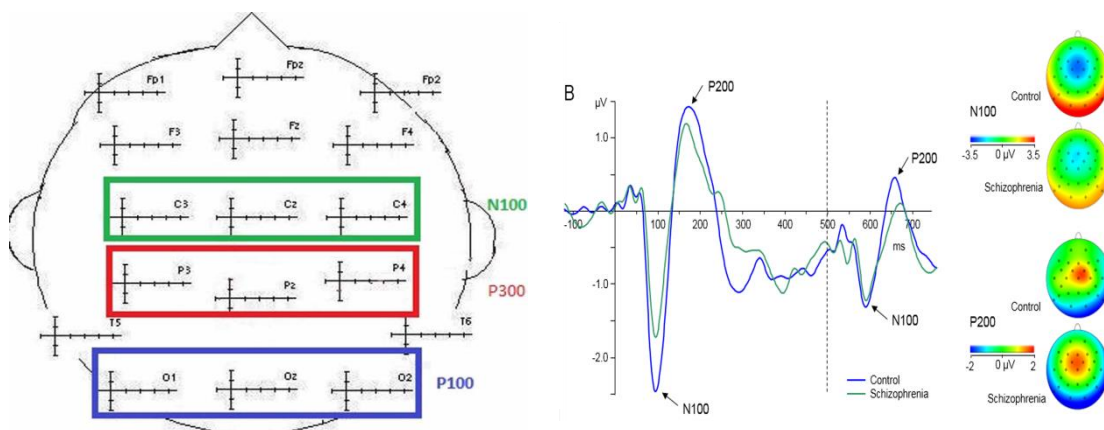


ภาพที่ 2-5 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 และ N100 หลังการปรากฏของสิ่งเร้า

ที่มา: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Constudevent.png>

การศึกษาในกลุ่มนักเรียนที่มีการแสดงออกทางอารมณ์ช้ากว่าปกติ (Alexithymia) จำนวน 50 คน แบ่งกลุ่มตามคะแนนต่ำและสูง โดยใช้ Toronto Alexithymia Scale (TAS-20) การทดลองจะให้ทำกิจกรรม Audio-Visual Oddball Tasks ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีภาพและเสียง ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 P100 และ P300 ซึ่งคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 หมายถึง กระบวนการรับรู้และความใส่ใจจากการได้ยิน คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 หมายถึง กระบวนการรับรู้และความใส่ใจจากการมองเห็น (Visual Perceptive and Attentional Processing) และคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับความจำ (Response-Related Stages, Involving Memory Processes) (Delle-Vigne, Kornreich, Verbanck, & Campanella, 2014)





ภาพที่ 2-6 ตำแหน่งอิเล็กโทรดของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 P100 และ P300 (Delle-Vigne et al., 2014)

การวัดการเพิ่มความใส่ใจด้วยกิจกรรม Visual Continuous Performance Task (VISCP) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) มีข้อดี คือ เป็นแบบทดสอบที่สามารถใช้ทดสอบได้ทั้งการมองเห็นและการได้ยิน สามารถใช้ได้ทั่วไปไม่เฉพาะผู้ป่วยเท่านั้น เป็นการทดสอบที่สามารถวัดความใส่ใจจากการตอบสนองกิจกรรมกับเวลา (Reaction Time) และความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) ผู้วิจัย จึงใช้แบบทดสอบ VISCP และ AUDCPT ในการประเมิน ความใส่ใจในงานวิจัยนี้ และใช้เทคนิคการวัดคลื่นไฟฟ้าบริเวณผิวนอกของสมองขณะทำแบบทดสอบ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัยระหว่างกลุ่ม Active Control (กลุ่มฟังดนตรีไม่แทรกสอดคลื่น) และกลุ่ม Passive Control (กลุ่มที่ไม่ได้ทำกิจกรรมใด ๆ)

สำหรับวิธีการพื้นฐาน 2 วิธี ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมความใส่ใจของมนุษย์ คือ วิธีการอธิบายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Approach) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้ากับพฤติกรรม เช่น การตรวจสอบจากความเร็วหรือความถูกต้องในการตอบสนองและวิธีอธิบายเชิงสรีรวิทยา (Physiological Approach) เกี่ยวข้องกับการวัดความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาของสมองและพฤติกรรมตอบสนอง เช่น แอมพลิจูด ช่วงระยะเวลาของการเกิดศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Goldstein, 2008)

สรุปการประเมินความใส่ใจ สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการใช้แบบทดสอบการวิเคราะห์ด้วยการสร้างภาพสมองและการวัดคลื่นไฟฟ้าบริเวณผิวนอกของสมอง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ และถูกต้องมากยิ่งขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ใช้กิจกรรมการวัดความสามารถด้านความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCP) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) ผ่านการทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าบริเวณเปลือกสมองขณะทำกิจกรรม โดยให้ใส่ใจและตอบสนองเมื่อมีสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (ภาพและเสียง) ที่ปรากฏหน้าจอ คอมพิวเตอร์และกดปุ่มตอบสนองด้วยนิ้วชี้ขวา ภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างรวดเร็วและถูกต้อง เป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงใน 2 ประเด็น คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Behavior) ได้แก่ เวลาปฏิกิริยา ความถูกต้องของการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง



## ตอนที่ 2 ทฤษฎี แนวคิดเกี่ยวกับดนตรีและความใส่ใจ

### องค์ประกอบของดนตรี

ดนตรีเป็นภาษาสากลของมนุษยชาติ เกิดขึ้นจากธรรมชาติและมนุษย์ได้นำมาดัดแปลงแก้ไขให้ประณีตงดงามไพเราะ เมื่อฟังดนตรีแล้วทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิด โดยสามารถแบ่งออกเป็นองค์ประกอบของดนตรี กลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับดนตรี ผลของดนตรีต่อสมองและการนำดนตรีมาใช้ประโยชน์มีรายละเอียด ดังนี้

องค์ประกอบของดนตรีที่สำคัญสองส่วน คือ ทำนอง (Melody) และจังหวะ (Rhythm) (จเร สำอางค์, 2550; สำนักการแพทย์ทางเลือก, 2551) ดังนี้

1. ทำนอง (Melody) คือ การจัดเรียงเสียงที่มีความแตกต่างของระดับเสียงและความยาวของเสียงตามแนวนอน จะแสดงให้เห็นถึงอัตลักษณ์ของดนตรีและเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เสียงดนตรีมีความสมบูรณ์ ประกอบด้วย

1.1 ระดับเสียง (Pitch) คือ ความถี่ของรอบในการสั่นสะเทือนของวัตถุนั้น ๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของเสียงไปในทางสูงและต่ำ หากรอบในการสั่นสะเทือนมากจะมีเสียงสูง หากรอบในการสั่นสะเทือนน้อยจะมีเสียงต่ำ มนุษย์มีการรับรู้ในด้านความรู้สึกจากความสูงต่ำของเสียง ซึ่งบ่งบอกความรู้สึกที่ค่อนข้างจะตรงกัน เช่น เสียงในทางต่ำจะให้อารมณ์ที่ไม่สดใสเท่าเสียงสูง เป็นต้น

1.2 ธรรมชาติของเสียง (Tone Nature) คือ ลักษณะเฉพาะของเสียงที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนของวัตถุที่ต่างชนิดกัน ทำให้เสียงที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ถึงแม้ระดับเสียงเดียวกันแต่เมื่อใช้เครื่องดนตรีต่างชนิดกัน ก็จะทำให้เกิดอารมณ์หรือคุณค่าที่ต่างกันออกไป มนุษย์สามารถบ่งบอกเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงที่แตกต่างกันได้ จากประสบการณ์การฟังดนตรี เช่น เสียงไวโอลินให้ความรู้สึกสดชื่นรื่นรมย์ เสียงฆ้องให้ความรู้สึกถึงความศักดิ์สิทธิ์ เป็นต้น

1.3 ความเข้มของเสียง (Tone Intensity) คือ ความหนัก-เบาของเสียงขึ้นอยู่กับความแรง ความเบาในการสร้างเสียงดนตรี จะมีความสัมพันธ์กับอารมณ์ความรู้สึก เช่น เสียงเบาให้ความรู้สึกอ่อนหวาน เสียงดังให้ความรู้สึกที่ก้าวร้าว โกรธซึ่ง ทั้งนี้ระดับเสียงธรรมชาติ และความเข้มของเสียง เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอารมณ์ที่เกิดจากการรับรู้ในรสของดนตรี ซึ่งผู้ฟังสามารถรับรู้และแปลความหมายของทำนองเพลงได้โดยใช้จินตนาการที่มีต่อพฤติกรรมตามประสบการณ์ของตน โดยทำนองจะมีความไพเราะต้องมีคุณภาพด้านเสียงประสาน (Harmony) คือ การประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืน ไม่ขัดหู (Consonant) และมีความปลั่งจำเพาะ (Tonal Timbre) คือ เสียงที่มีความพอเหมาะแก่การฟัง

2. จังหวะ (Rhythm) คือ ความสั้นยาวของเสียง ที่ทำให้เกิดท่วงทำนองที่สะท้อนความรู้สึกที่มีความหลากหลาย เช่น จังหวะช้าเนิบสะท้อนอารมณ์ที่มีอาการโศกเศร้า เป็นทุกข์ จังหวะที่มีความเร็ว กระชับ สะท้อนถึงอารมณ์สดชื่น เบิกบาน สำหรับการรับรู้ด้านจังหวะนั้น แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะที่ตรงข้ามกัน ซึ่งจะสะท้อนอารมณ์ความรู้สึกแตกต่างกัน ได้แก่

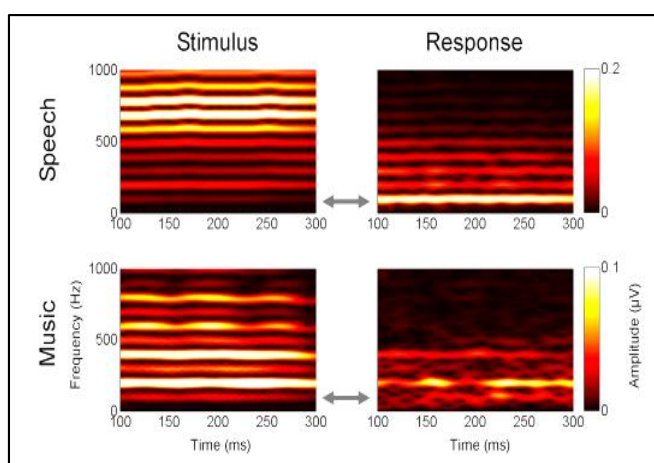
2.1 จังหวะที่ปกติสม่ำเสมอ (Regular) ให้อารมณ์ที่เรียบง่าย สบาย ตรงข้ามกับจังหวะที่ไม่ปกติไม่สม่ำเสมอ (Irregular) ให้อารมณ์ที่อึดอัด สะดุด คับข้อง

2.2 จังหวะหนัก (Strong) ให้อารมณ์ที่หนักแน่น มั่นคง สง่างาม กับจังหวะเบา (Weak) ให้ความรู้สึกที่อ่อนไหว โอนอ่อน ไม่มั่นคง

2.3 จังหวะยาว (Long) ให้ความรู้สึกที่แน่นย่ำกับจังหวะสั้น (Short) ให้ความรู้สึกที่ร่าเริง สดใส

### กลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับดนตรี

มนุษย์สามารถรับรู้ดนตรีจากการที่คลื่นเสียงมากระทบกับเยื่อแก้วหู (Ear's Tympanic Membrane) ทำให้มีการสั่นของกระดูกชั้นเล็ก ๆ ในหูชั้นกลาง (Matthew, 2008) แล้วมีการแปลเป็นสัญญาณประสาทที่โคเคลีย (Cochlea) ของหูชั้นใน เพื่อส่งสัญญาณประสาทต่อไปยังซูพีเรียร์ โอลิวารี คอมเพล็กซ์ (Superior Olivary Complex) ที่ก้านสมอง (Brainstem) และอินเฟอเรียร์คอลลิคูลัส (Inferior Colliculus) ที่สมองส่วนกลาง (Midbrain) แล้วข้อมูลเหล่านี้จะส่งต่อไปยังทาลามัส (Thalamus) และเข้าสู่ไพรมารี ออดิทอรี คอร์เทกซ์ (Primary Auditory Cortex) โดยตรง นอกจากนี้ ข้อมูลจากทาลามัสจะเข้าสู่อมิกดาลา (Amygdala) และมีเดียล ออบิตาฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (Medial Orbitofrontal Cortex) ด้วย ซึ่งเป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และการควบคุมพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ (Koelsch, Schroger, & Gunter, 2012)



ภาพที่ 2-7 การตอบสนองจากเสียงดนตรีของมนุษย์ (Koelsch, Schroger, & Gunter, 2012)

งานวิจัยที่ใช้การสร้างภาพสมอง (Brain Imaging: fMRI) ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ดนตรีของเด็กและผู้ใหญ่ แสดงให้เห็นว่า ผู้ใหญ่ที่ไม่เคยเรียนดนตรีและเล่นเครื่องดนตรีไม่เป็น เมื่อให้ฟังดนตรีที่คอร์ด (Chord) สุดท้ายของดนตรีต่างไปจากคอร์ดปกติ (Neapolitan) สมองทั้งสองซีกจะได้รับการกระตุ้นบริเวณ ดังนี้

1. อินฟีเรียร์ฟรอนโตเลทเทอรอลคอร์เทกซ์ (Inferior Frontolateral Cortex: IFLC, BA 44, 45, 46)
2. อินฟีเรียร์ เวนโตเลทเทอรอล พรีมอเตอร์ คอร์เทกซ์ (Inferior Ventrolateral Premotor Cortex: vLPMC, BA 6)

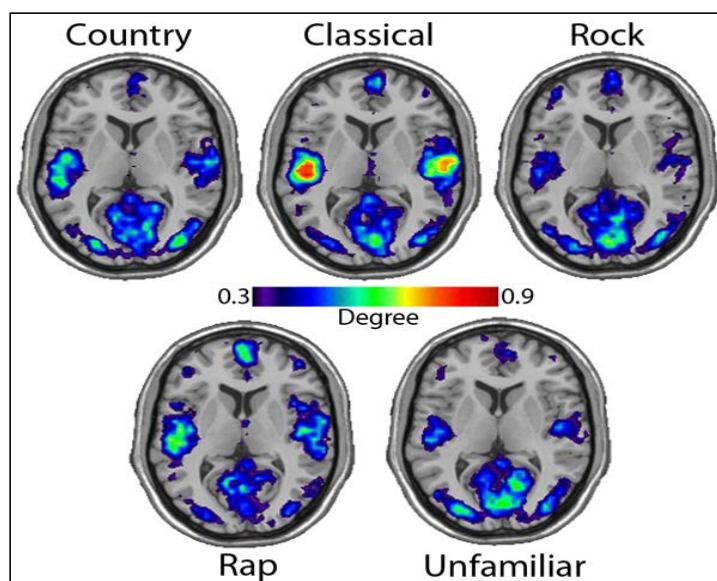
3. ออพิทอลฟรอนโตเลทเทอรอลคอร์เทก (Orbital Frontolateral Cortex: OFLC, BA 47)
4. แอนทีเรีย อินซูลา (Anterior Insula)
5. ส่วนหน้าของซูพีเรียร์เทมโพรอลไจรัส (Anterior Portion of the Superior Temporal Gyrus: STG)
6. ครึ่งหลังของซูพีเรียร์เทมโพรอลซัลคัส (Superior Temporal Sulcus: STS, BA 22)
7. ด้านหลังของมิดเดิ้ลและซูพีเรียร์เทมโพรอลไจรัส (Posterior Portion of the Middle and the Superior Temporal Gyrus, BA 21/37, BA 22)
8. ซูพรามาจिनอลไจรัส (Supramarginal Gyrus: SMG)
9. ฟรอนโต-โอเพอคูลาร์ (Fronto-Opercular, BA 44, BA 45)
10. โปสทีเรียร์เทมโพรอล แอคติเวชัน (Posterior Temporal Activations: STS/ MTG, STG/ BA 22p)

การศึกษาสมองของนักดนตรีที่เป็นผู้ใหญ่ จะมีการกระตุ้นบริเวณสมองส่วนหน้าโดยเฉพาะข้างซ้าย (Left Frontal Cortex) ส่วนหน้าของซูพีเรียร์เทมโพรอลไจรัส (STG) ซูพรามาจिनอลไจรัส (SMG) และส่วนหลังของสมองส่วนขมับ (Posterior Temporal Area) มากกว่าผู้ใหญ่ที่ไม่ได้เป็นนักดนตรี แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนรูปแบบการกระตุ้นสมองในเด็กจะคล้ายคลึงกับผู้ใหญ่ แต่ในเด็กจะไม่พบการกระตุ้นที่บริเวณซูพรามาจिनอลไจรัส (SMG) สมองซีกซ้าย โดยเฉพาะออพิทอลฟรอนโตเลทเทอรอลคอร์เทก (OFLC) และส่วนหน้าของซูพีเรียร์เทมโพรอลไจรัส (STG) (Koelsch, Fritz, Schulze, Alsop, & Schlaug, 2005; Koelsch et al., 2012)

#### ผลของเสียงดนตรีต่อความใส่ใจ

ดนตรีถือเป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นสากลมากที่สุดวิธีหนึ่ง (Johnsen et al., 2009) การศึกษาหลายกรณี เช่น Kennel et al. (2010) ศึกษาความเป็นไปได้ในโครงการนำร่อง (Pilot Feasibility Study) ของการรับโปรแกรมเสียงแบบ Binaural Auditory Beats บนคอมแพคดิสก์ (Compact Disk) ของกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 8- 21 ปี วันละ 20 นาที เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นให้ทำแบบทดสอบ ที่เรียกว่า Test of Variables of Attention (TOVA) ซึ่งกลุ่มทดลองที่ฟังดนตรีแบบ Binaural Auditory Beats มีผลการทดสอบที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม (Kennel et al., 2010) นอกจากนี้ การฟังดนตรีจะกระตุ้นวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการได้รับรางวัล (Reward Pathway) (Koelsch, 2010) ส่งผลให้มีการหลั่งโดปามีนเพิ่มขึ้น (Menon & Levitin, 2005) จึงทำให้มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณ (Synaptic Plasticity) (Jay, 2003) ซึ่งการฟังดนตรีจะปลุกให้เกิดความตื่นตัวหรือตื่นตัว (Arousal) ไปกระตุ้นการทำงานของก้านสมอง (Brain Stem) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทอื่น ๆ โดยเฉพาะนอร์อิพิเนฟริน (Norepinephrine) เข้าสู่พรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (Prefrontal Cortex) เพิ่มขึ้น กลไกดังกล่าวถ้ามีการหลั่งโดปามีนและนอร์อิพิเนฟรินในระดับที่เหมาะสม จะทำให้มีความใส่ใจและความจำดีขึ้น (Ashby et al., 2002) มีรายละเอียดของกลไกต่าง ๆ ดังนี้

1. การกระตุ้นวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการได้รับรางวัล (Reward Pathway) เมื่อได้ฟังเสียงดนตรีจะไปกระตุ้นการหลั่งโดปามีนโดยใช้เส้นทางที่เรียกว่ามีโซลิมบิก (Mesolimbic Pathway) โดยเวนทอล เทกเมนทอล แอเรีย (VTA) ซึ่งอยู่ในสมองส่วนกลาง (Midbrain) ให้หลั่งโดปามีน มากระตุ้นนิวเคลียส อักคัมเบนส์ (Nucleus Accumbens: NAc) ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่สมองที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของการได้รับรางวัลและสิ่งเร้าที่กระตุ้นให้เกิดความพึงพอใจ (Menon & Levitin, 2005) แล้วจะมีการส่งสัญญาณต่อไปยังเวนทอล พาลิดุม (Ventral Pallidum) ที่อยู่ในเบซัลแกงเกลีย (Basal Ganglia) แล้วส่งสัญญาณต่อไปยังเดียดอร์ซอล นิวเคลียส (Medial Dorsal Nucleus) ในทาลามัส และสุดท้ายจะส่งสัญญาณไปที่พรีพรอนทัลคอร์เทกซ์ (Berridge, 2003) สำหรับประสบการณ์ที่จะกระตุ้นนิวเคลียส อักคัมเบนส์ (NAc) จะเป็นประสบการณ์ที่ทำให้เกิดความสนุกสนาน เพลิดเพลิน (Koelsch, 2010)



ภาพที่ 2-8 เสียงดนตรีแต่ละประเภทต่อตำแหน่งการกระตุ้นสมอง (Tseng et al., 2016)

นอกจากนี้ เวนทอล เทกเมนทอล แอเรีย ยังหลั่งโดปามีนมากระตุ้นบริเวณเปลือกสมอง (Cerebral Cortex) โดยเฉพาะสมองส่วนหน้า (Frontal Cortex) อีกเส้นทางหนึ่ง เรียกว่า มีโซคอร์ติคอล (Mesocortical Pathway) Ashby et al. (1999) เชื่อว่าการกระตุ้นให้เกิดอารมณ์ทางบวก (Positive Affect) จะส่งผลต่อสมอง (Cognition) โดยจะทำให้มีการหลั่งโดปามีน ผ่านทางมีโซลิมบิก (Mesolimbic Pathway) และมีโซคอร์ติคอล (Mesocortical Pathway) ซึ่งมีเวนทอล เทกเมนทอล แอเรีย เป็นจุดเชื่อมต่อจึงเรียกว่า ระบบมีโซคอร์ติโคลิมบิก (Mesocorticolimbic System) โดยเฉพาะถ้ามีการหลั่งโดปามีนเข้าสู่พรีพรอนทัลคอร์เทกซ์ จะเอื้ออำนวยให้เกิดความใส่ใจ สำหรับการกระตุ้นการทำงานของเซลล์โดปามีนในเวนทอล เทกเมนทอล แอเรีย มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

1.1 เวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย จะส่งสัญญาณมาที่นิวเคลียส อแคมเบนส์ เมื่อได้รับรางวัลที่ไม่คาดหวัง แต่เมื่อใดที่รางวัลกลายเป็นสิ่งที่ได้รับเป็นประจำหรือเป็นสิ่งที่คาดหวัง (Routine or Expect) การส่งสัญญาณของเซลล์โดปามีนในเวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย จะลดลง

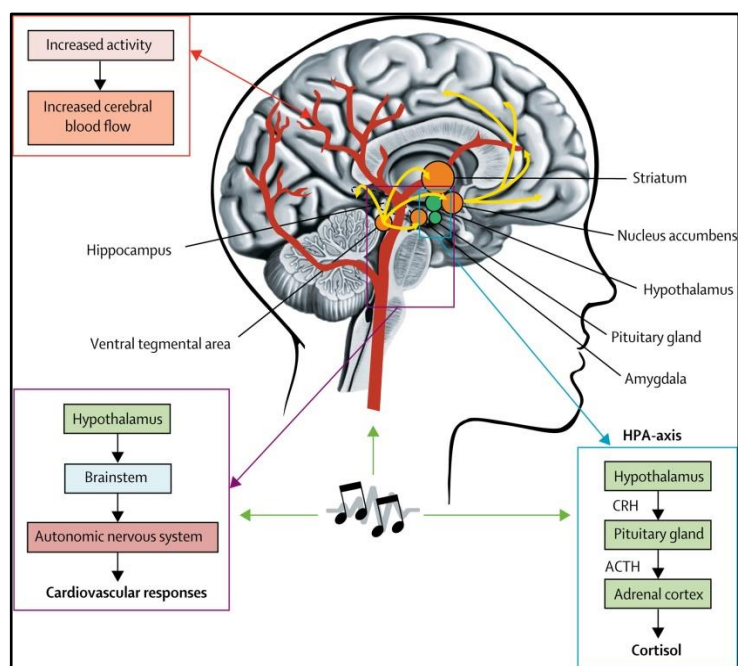
1.2 เมื่อได้รับรางวัลที่ไม่คาดหวัง เซลล์โดปามีนในเวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย จะส่งสัญญาณเพียงแค่ 2-3 นาที แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะอยู่ได้ถึง 30 นาทีหรือมากกว่านั้น

1.3 ไม่เพียงแต่เซลล์โดปามีนในเวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย จะส่งสัญญาณเมื่อได้รับรางวัลที่ไม่คาดหวังเท่านั้น แต่ยังส่งสัญญาณเมื่อสิ่งเรานั้นเป็นสิ่งที่แปลกใหม่หรือทำให้สะดุ้งตกใจ

1.4 เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเครียดซึ่งทำให้เกิดอารมณ์ด้านลบ (Negative Affective) ในคนนั้น จะเพิ่มระดับโดปามีนในบริเวณต่าง ๆ ของสมองได้ แต่จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง แสดงให้เห็นว่า เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเครียดเพียงเล็กน้อย จะกระตุ้นให้เซลล์โดปามีนในเวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย หลั่งโดปามีนไปยังพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ได้ แต่จะไม่มีผลกระทบหรือมีผลกระทบน้อยมากต่อระดับโดปามีนในนิวเคลียส อแคมเบนส์หรือซับสแตนเชียไนกรา (Substantia Nigral)

2. เส้นประสาทของโดปามีน (Dopamine Innervation) ไปถึงพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ มีบทบาทที่สำคัญกับความใส่ใจ เพราะเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้เกิดลองเทอมโพเทนเชียเอชชั่น (Long Term Potentiation: LTP) (Jay, 2003) คือ กระบวนการที่ชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จุดเชื่อมต่อสัญญาณเป็นเวลานาน (Silverthorn, 2004) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความจำใหม่ (Arshavsky, 2006) ทำให้มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างฮิปโปแคมปัส และพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (Hippocampal-Prefrontal Cortex Synaptic Plasticity) โดยจะมีการส่งต่อสัญญาณซึ่งกันและกันระหว่างพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ และเวทอรอล เตกเมนทอล แอเรีย ในขณะที่มีการกระตุ้นที่เวทอรอลฮิปโปแคมปัส (Ventral Hippocampus) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ติดต่อดังตรงกับพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (Jay, Rocher, Hotte, Naudon, Gurden, & Spedding, 2004)

กลไกการเกิด LTP มีหลายกลไก แต่กลไกที่จำเป็นสำหรับความใส่ใจ เริ่มจาก โดปามีนจับกับตัวรับโดปามีนแล้วทำงานร่วมกับตัวรับเอ็นเอ็มดีเอ (NMDA Receptor) ซึ่งเป็นตัวรับของกลูตาเมต (Glutamate Receptor) จะชักนำให้มีการเพิ่มของไซคริก อะดีโนซีน โมโน ฟอสเฟต จนถึงระดับต่ำสุดที่กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Threshold Concentration) ก็จะกระตุ้นการทำงานของโปรตีนไคเนส เอ (Protein Kinases A: PKA) ทำให้มีการปรับเปลี่ยนหน้าที่ของตัวรับกลูตาเมตโดยการเติมหมู่ฟอสเฟต (Phosphorylation) เข้าไปในตำแหน่งที่เฉพาะของตัวรับเอเอ็มพีเอ (AMPA Receptor) จึงชักนำให้เกิด LTP (Jay, 2003) แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ ลองเทอมโพเทนเชียเอชชั่นระยะแรก (Early-LTP: E-LTP) เกิดหลังจากชักนำให้มีการส่งสัญญาณประมาณ 30-60 นาที และลองเทอมโพเทนเชียเอชชั่นระยะหลัง (Late-LTP: L-LTP) เกิดหลังจากชักนำให้มีการส่งสัญญาณเป็นชั่วโมงเป็นวันหรือสัปดาห์ (Hoogendam, Ramakers, & Di Lazzaro, 2010)



ภาพที่ 2-9 ตำแหน่งการกระตุ้นวิถีประสาทการได้รับรางวัล (Reward Pathway)  
(Sihvonen et al., 2017)

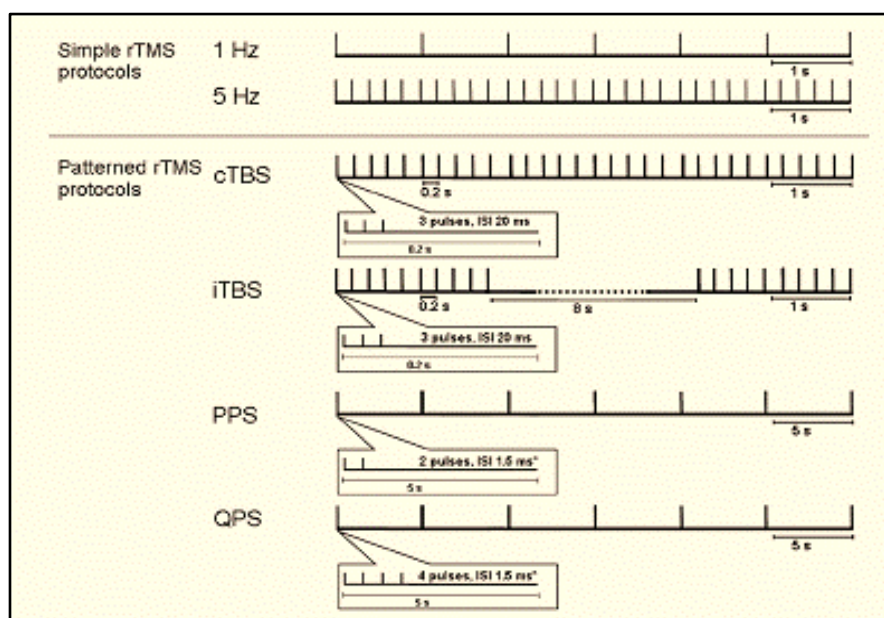
การศึกษาในห้องทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้สิ่งเร้าที่มีความถี่สูงในระยะเวลาสั้น ๆ (Brief High-Frequency Stimulation) สามารถชักนำให้เกิด LTP ได้เนื่องจาก มีปัจจัยที่จำเป็น 2 ประการ (Hoogendam et al., 2010) คือ

ประการแรก มีการชักนำให้เกิดการส่งสัญญาณระหว่างปลายส่งสัญญาณ (Presynaptic) และปลายรับสัญญาณ (Postsynaptic) ทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนเข้าออกผ่านผนังเซลล์ที่จุดนั้น แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าจนช่วยหนุนให้เกิดคลื่นแอกซันโพแทนเชียลที่เซลล์สมองง่ายขึ้น เรียกว่า Excitatory Postsynaptic Potential (EPSP)

ประการที่สอง ระยะเวลาของการส่งสัญญาณระหว่างปลายส่งสัญญาณ (Presynaptic) และปลายรับสัญญาณ (Postsynaptic) เรียกว่า Spike Timing-Dependent Plasticity (STDP) หรือ Critical Windows ถ้าระยะเวลาในการส่งสัญญาณอยู่ภายใน 1/10 มิลลิวินาที จะชักนำให้เกิด LTP แต่ถ้ามากกว่านี้ จะชักนำให้เกิดลงทอมตีเพรสชั่น (Long-Term Depression: LTD)

สิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นเพื่อให้เกิด LTD มีหลายวิธี เช่น วิธีการกระตุ้นด้วยคลื่นเตต้า (Theta Burst Stimulation: TBS) ถือเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ (Bliss & Collingridge, 1993) โดยมีองค์ประกอบพื้นฐาน คือ ในการกระตุ้น 1 ครั้ง จะมีการส่งสิ่งเร้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ จำนวน 3 ครั้ง (Three-Pulse Burst) ไปกระตุ้นทุก ๆ 200 มิลลิวินาที แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การกระตุ้นด้วยคลื่นเตต้าแบบต่อเนื่อง (Continuous Theta Burst Stimulation: cTBS) และ 2) การกระตุ้นด้วยคลื่นเตต้าแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Theta Burst Stimulation: iTBS) การกระตุ้นแต่ละครั้งใช้เวลา 2 วินาที และกระตุ้นซ้ำทุก 10 วินาที ซึ่งรูปแบบการกระตุ้นที่แตกต่างกันนี้ จะส่งผลต่อ

การกระตุ้นที่ต่างกันด้วย โดยการกระตุ้นด้วยคลื่นเรต้าแบบไม่ต่อเนื่องในระยะเวลานั้น ๆ จะเอื้ออำนวยให้เกิด LTP แต่การกระตุ้นด้วยคลื่นเรต้าแบบต่อเนื่องในระยะยาว จะเอื้ออำนวยให้เกิด LTD (Huang et al., 2009; Hoogendam, Ramakers, & Di Lazzaro, 2010) นอกจากนี้ยังปรากฏว่า ถ้าความถี่ที่ใช้กระตุ้นต่ำ (ประมาณ 1 เฮิร์ตซ์) จะชักนำให้เกิด LTD ส่วนความถี่ที่ใช้กระตุ้นสูง (มากกว่า 5 เฮิร์ตซ์) จะชักนำให้เกิด LTP ซึ่งจะอยู่ได้นานเท่าไรขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการส่งสัญญาณไปกระตุ้น (Hoogendam et al., 2010)



ภาพที่ 2-10 การกระตุ้นด้วยคลื่นเรต้า (Theta Burst Stimulation: TBS) (Huang et al., 2009)

3. การฟังเสียงดนตรีมีผลต่อระบบฮอร์โมนในร่างกายคือทำให้คอร์ติซอล (Cortisol) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่หลั่งมากในภาวะเครียดมีปริมาณลดลง รวมทั้งทำให้เทสโตสเตอโรน (Testosterone) และเอสโตรเจน (Estrogen) มีการหลั่งในระดับที่เหมาะสม จึงช่วยให้มีการเจริญของเซลล์ประสาท (Neurogenesis) การสร้างเซลล์ประสาทใหม่ขึ้นมาแทนส่วนที่ถูกทำลาย (Regeneration and Repair Neuron) อันนำไปสู่การปรับตัวของโครงสร้างสมอง (Cerebral Plasticity) (Fukui & Toyoshima, 2008) กลไกของฮอร์โมนแต่ละชนิดมีดังนี้

3.1 คอร์ติซอล (Cortisol) เมื่อมีภาวะเครียด ต่อมหมวกไต (Adrenal Gland) จะหลั่งคอร์ติซอล เข้าสู่กระแสเลือดและเข้าสู่สมองทางบarrera เบริเออร์ (Blood-Brain Barrier) และจับกับตัวรับคอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid Receptor) ซึ่งจะมีมากที่สุด 3 แห่ง คือ ฮิปโปแคมปัสอมิกดาลาและเปลือกสมองส่วนหน้า (Front Lobe) โดยที่ตัวรับคอร์ติโคสเตอรอยด์ในสมองมีอยู่ 2 ชนิด คือ 1) ตัวรับมินิราโลคอร์ติคอยด์หรือตัวรับชนิดที่ 1 (Mineralocorticoid Receptor/Type I Receptor) พบที่ระบบลิมปิก (Limbic System) มักกระจายอยู่ในฮิปโปแคมปัส พาราฮิปโปแคมปัส (Parahippocampal Gyrus) เอนโทโรนอลคอร์เทกซ์และอินซูลาร์คอร์เทกซ์



(Insular Cortices) จะช่วยป้องกันหรือชะลอการตายของเซลล์ประสาท ช่วยทำให้เซลล์ประสาทฟื้นกลับคืนมาหลังถูกทำลาย (Neuroprotectiv) รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดลองเทอมโพเทนเทียเอชในฮิปโปแคมปัสและ 2) ตัวรับกลูโคคอร์ติคอยด์หรือตัวรับชนิดที่ 2 (Glucocorticoid Receptor/Type II Receptor) พบทั้งบริเวณชั้นใต้สมอง (Subcortical) และเปลือกสมอง (Cortical) มักจะกระจายอยู่ในพรีพรอนทาลคอร์เทกซ์ จะมีผลทำให้เกิดการบกพร่องในการทำงานหน้าที่ของสมอง และทำให้ LTP ในฮิปโปแคมปัสลดลง (Lupien, Maheu, Tu, Fiocco, & Schramek, 2007; DonCarlos, Azcoitia, & Garcia-Segura, 2009)

เนื่องจากคอร์ติซอลจะหลั่งมากที่สุดในช่วงเช้า ซึ่งเป็นช่วงที่มีฮอร์โมนจับกับตัวรับชนิดที่ 1 มากที่สุด และจับกับตัวรับชนิดที่ 2 ประมาณร้อยละ 50 ส่วนในช่วงบ่ายจนถึงกลางคืนคอร์ติซอลจะลดลงอย่างช้า ๆ เป็นช่วงที่มีฮอร์โมนจับกับตัวรับชนิดที่ 1 มากที่สุด และจับกับตัวรับชนิดที่ 2 ประมาณร้อยละ 10 แต่จะเพิ่มขึ้นทันทีหลังจากนอนหลับได้ 2-3 ชั่วโมงแรก ดังนั้นในช่วงเช้าการทำกิจกรรมที่เหนียวนาให้เกิดความเครียด จะทำให้มีระดับของคอร์ติซอลเพิ่มขึ้นจนการจับกับตัวรับชนิดที่ 2 (Type II Receptor) ถึงจุดอิ่มตัว จึงทำให้ความจำลดลง แต่ถ้าทำกิจกรรมในช่วงบ่ายคอร์ติซอลที่เพิ่มขึ้นจะจับกับตัวรับชนิดที่ 2 ประมาณร้อยละ 50 ความจำจึงเพิ่มขึ้นหรือไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม แต่จากการศึกษาหลายกรณีชี้ให้เห็นว่า ผู้สูงอายุจะทำกิจกรรมเกี่ยวกับสมองได้ดีขึ้นในช่วงตอนเช้า ระหว่างเวลา 08.00-11.00 น. ในขณะที่คนวัยรุ่น หนุ่มสาวจะทำกิจกรรมได้ดีขึ้นในช่วงบ่าย ระหว่างเวลา 13.00-17.00 น. เนื่องจากระดับของคอร์ติซอลที่เหมาะสมจะอยู่ ณ เวลาที่ตื่นนอน โดยไม่ได้ระบุว่าเป็นเวลาใด ซึ่งตามปกติคนหนุ่มสาวจะตื่นนอนหลังจากผู้สูงอายุ ดังนั้น จึงทำให้ช่วยเวลาที่ทำกิจกรรมได้ดีแตกต่างกันได้ (Lupien et al., 2007)

นอกจากนี้ คอร์ติซอลจะเพิ่มขึ้นได้จากการเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมขณะทำกิจกรรม เช่น การทำกิจกรรมที่โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ ฯลฯ จะทำให้ผู้ทำกิจกรรมเผชิญกับสิ่งใหม่ ๆ ที่ไม่คุ้นเคย เมื่อวัดระดับคอร์ติซอล (Cortisol Level) ณ เวลาที่ไปถึงสถานที่ทำกิจกรรม ก่อนที่จะทำกิจกรรมจะปรากฏว่า ระดับคอร์ติซอลสูงขึ้น แต่เมื่อคุ้นเคยกับสิ่งแวดล้อมโดยกำหนดให้มีการทำกิจกรรม 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ให้ผู้ทดลองเข้าร่วมกลุ่มกับคนอื่น ๆ แล้วให้คำแนะนำเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่การเอื้ออำนวยความสะดวกและอธิบายเกี่ยวกับกิจกรรมหรือแบบทดสอบที่ทำ เพื่อทำให้เกิดความผูกพัน ครั้งที่ 2 ให้มีปฏิสัมพันธ์กับเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่รู้จักและพูดคุยเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจ ก่อนทำกิจกรรมหรือแบบทดสอบ 60 นาที เพื่อทำให้เกิดความคุ้นเคยและวัดระดับคอร์ติซอล ปรากฏว่า เท่ากับก่อนทำกิจกรรม (Lupien et al., 2007) ดังนั้น การทำให้เกิดความคุ้นเคย จึงช่วงลดระดับของคอร์ติซอลได้

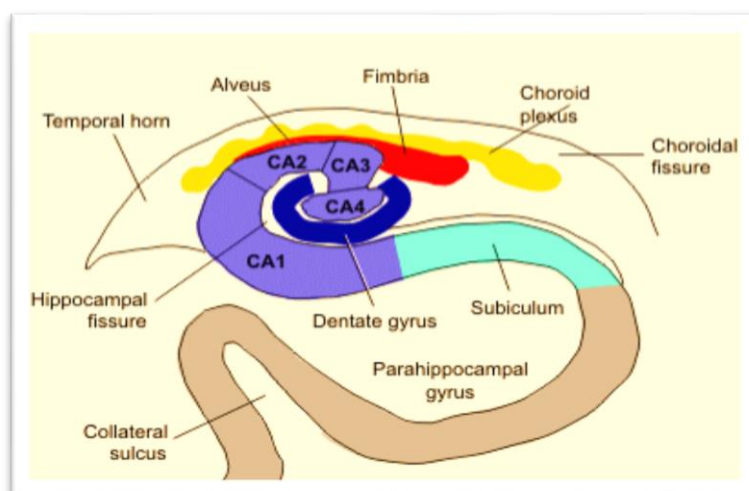
3.2 เอสโตรเจน (Estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศหญิง ส่วนใหญ่ผลิตจากรังไข่ มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ เอสตราไดออล (Estradiol) เอสโทรน (Estrone) และเอสโตรออล (Estriol) มีผลต่ออวัยวะเป้าหมายคล้าย ๆ กัน แต่เอสตราไดออลเป็นเอสโตรเจนที่มีจำนวนมากและมีผลต่ออวัยวะเป้าหมายมากที่สุด ได้มาจากการเปลี่ยนเทสโทสเตอโรนด้วยเอนไซม์อะโรมาเตส (Aromatase Enzyme) (Martini, 1998) จะสนับสนุนให้มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณ (Synaptic Plasticity) และสร้างเซลล์ประสาท โดยเหนียวนาให้เกิดการส่งต่อสัญญาณ ณ จุดเชื่อมต่อสัญญาณของเดนไดรต์ติกสไปน์ (Dendritic Spine Synapses) ในเซลล์ประสาทไพรามิดอลบริเวณคอร์นุแอม



โมนิส 1 ที่อยู่ในฮิปโปแคมปัส (CA1 Pyramidal Hippocampal Neuron) (DonCarlos et al., 2009) นอกจากนี้ เอสตราไดออลที่จับกับตัวรับเอ็นเอ็มดีเอในภาวะที่มีแมกนีเซียมในกระแสเลือดต่ำ จะเหนี่ยวนำให้เกิด LTP (Foy et al., 2011) ส่วนกลไกอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการสร้างเซลล์ประสาท เช่น การจับกับเซโรโทนินจะเหนี่ยวนำให้เกิดการแบ่งเซลล์ (Cell Proliferation) เป็นต้น

3.3 เทสโตสเตอโรน (Testosterone) เป็นฮอร์โมนที่อยู่ในกลุ่มของฮอร์โมนเพศชาย ที่เรียกว่า แอนโดรเจน (Androgen) และเป็นฮอร์โมนที่สำคัญที่สุดในกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ผลิตมาจาก อัณฑะ จะช่วยให้มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณ (Synaptic Plasticity) โดยชักนำให้เกิด การสร้างจุดเชื่อมต่อสัญญาณที่สไปน์ของเดนไดรต์ (Spine Synapse) บริเวณคอร์นุแอมโมนิส 1 ที่อยู่ในฮิปโปแคมปัส ทั้งเพศชายและหญิง แต่ในเพศหญิงจะมีผลมาจากเอสโตรเจน (Estrogen) ด้วย (MacLusky, Hajszan, Prange-Kiel, & Leranth, 2006; DonCarlos et al., 2009)

สรุปได้ว่า การฟังกดนตรีจะกระตุ้นให้มีการหลั่งเบรน ดีไรด์นิวโรโทรฟิก แฟคเตอร์ (BDNF) ในไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) สมอส่วนพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) อมิกดาลา (Amygdala) และฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) เพิ่มขึ้น (Angelucci et al., 2007; Li et al., 2010) จึงช่วย ส่งเสริมการถ่ายทอดสัญญาณประสาท ทำให้เซลล์ประสาทมีการตื่นตัว และทำให้เกิดลองเทอมโพเทน เทียเอชชั่น (LTP) เพิ่มขึ้น รวมทั้งแสดงให้เห็นว่า มีการเจริญของเซลล์ประสาท (Neurogenesis) บริเวณคอร์นุแอมโมนิส 1 (CA 1) คอร์นุแอมโมนิส 2 (CA 2) และคอร์นุแอมโมนิส 3 (CA 3) ที่อยู่ใน ฮิปโปแคมปัสเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยคงไว้ซึ่งกระบวนการเรียนรู้และความจำ (Kim et al., 2006) แสดงดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 ตำแหน่ง Cornu Ammonis (CA) และ Dentate Gyrus (DG) ในฮิปโปแคมปัส (Hippocampus)

4. การฟังกดนตรีจนถึงระดับที่ทำให้รู้สึกขนลุก (Shiver or Chill) ทำให้หัวใจเต้นแรง มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในร่างกาย เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความตื่นตัวหรือตื่นเต้นที่เกิดขึ้นจากระบบ

ประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Arousal) (Gabrielsson, 2001 Cited in Rickard, 2004) เนื่องจากการกระตุ้นเรติคูลาร์ฟอร์เมชัน (Reticular Formation) ของก้านสมอง (Brain Stem) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 4 ชนิด คือ นอร์อิพิเนปฟิน (Norepinephrine) อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) เซโรโทนิน (Serotonin) และฮีสตามีน (Histamine) โดยเฉพาะ นอร์อิพิเนปฟิน (Norepinephrine) เนื่องจากโลคัส ซีรูเลียส (Locus Coeruleus) ที่อยู่ในก้านสมอง (Brain Stem) จะผลิตสารสื่อประสาทชนิดนี้มากที่สุดและมีการหลั่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของสมองโดยจะมีมากที่สุดที่ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) และนีโอคอร์เทค (Neocortex) ซึ่งจะช่วยให้มุ่งความสนใจในกิจกรรมที่ทำ โดยการลดอิทธิพลของสิ่งเร้าที่ทำให้ไขว้เขว (Ashby et al., 2002; Pankespp & Bernatzky, 2002)

ผลของนอร์อิพิเนปฟินต่อพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) ขึ้นอยู่กับปริมาณ (Dose) ที่หลั่งออกมา ถ้ามีการหลั่งนอร์อิพิเนปฟิน (Norepinephrine) ในปริมาณที่สูงจะยับยั้งการทำงานของเซลล์ประสาท ถ้าหลั่งนอร์อิพิเนปฟินในปริมาณที่ต่ำอาจจะกระตุ้นหรือยับยั้งสัญญาณประสาท จุดเชื่อมต่อต่อสัญญาณก็ได้ สำหรับการหลั่งนอร์อิพิเนปฟินที่โลคัส ซีรูเลียส (Locus Coeruleus) มีลักษณะการตอบสนองแบบรูปตัวยู (U-Shape) คือ ถ้ามีการหลั่งในปริมาณมากหรือน้อยจะทำกิจกรรมนั้นได้ไม่ดี แต่ถ้ามีการหลั่งในระดับปานกลางจะทำกิจกรรมนั้นได้ดี นอกจากนี้ เมื่อมีการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวหรือตื่นเต้น (Arousal) จะทำให้นอร์อิพิเนปฟินจับกับตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 1 ( $\alpha_1$  Adrenergic Receptor) ซึ่งจะมีผลต่อพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) คือ ถ้าจับกับตัวรับออร์ติเนอร์จิก อัลฟา 2 ( $\alpha_2$  Adrenergic Receptor) จะเอื้ออำนวยให้เกิดการทำงานที่ของพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) ถ้าจับกับตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 1 จะทำให้เกิดความบกพร่องในการทำงานที่ของพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) แต่ นอร์อิพิเนปฟิน (Norepinephrine) จับกับตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 2 มากกว่าตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 1 อยู่แล้ว ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของนอร์อิพิเนปฟิน (Norepinephrine) เพียงเล็กน้อยจะทำให้ผลของตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 2 เด่นกว่าตัวรับออร์ติเนอร์จิกอัลฟา 1 จึงเอื้ออำนวยให้เกิดการทำงานของพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (PFC) นอกจากนี้การหลั่งของอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) ยังช่วยเพิ่มอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับคลื่นแทรก (Signal-to-Noise Ratio) ของเซลล์ประสาทในสมองด้วย จึงทำให้ความจำขณะคิดดีขึ้น (Ashby et al., 2002)

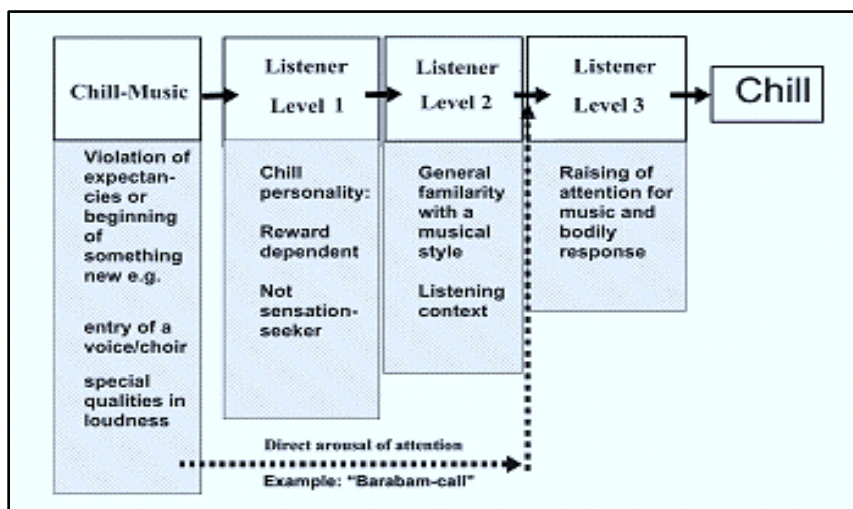
การฟังดนตรีที่เหมาะสมหรือทำให้เกิดความสนุกสนาน เพลิดเพลิน แม้ว่าในขณะที่ฟังจะไม่มีรู้สึกขนลุก (Shiver or Chill) ก็ยังสามารถกระตุ้นวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการได้รับรางวัล (Reward Pathway) (Koelsch, 2010) สำหรับลักษณะของดนตรีที่เหมาะสมจะมีลักษณะของการประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืนไม่ขัดหู (Consonant) (Blood et al., 2001; Koelsch et al., 2006) ใช้เสียงเมเจอร์ (Major Key) และมีจังหวะเร็วขึ้นหรือเร็วในระดับปานกลาง (Matthews, 2008; Menon & Levitin, 2005) ส่วนดนตรีที่ใช้เสียงไมเนอร์มีจังหวะช้าและการประสานเสียงของท่วงทำนองไม่กลมกลืนหรือขัดหู (Dissonant) จะเป็นดนตรีที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจ (Matthews, 2008; Blood et al., 2001; Koelsch et al., 2006)

เสียงของดนตรีจะกระตุ้นการทำงานของสมองบริเวณใด ขึ้นอยู่กับอารมณ์ความรู้สึกที่มีต่อดนตรีมากกว่าโครงสร้างการได้ยินที่แตกต่างกัน (Altenmuller, Schurmann, Lim, & Parlitz, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของบลัดและซาตอร์เร (Blood & Zatorre, 2001) บราวน์มาร์ติแนช

และพาร์สัน (Brown, Martinez, & Parsons, 2004) ที่ให้กลุ่มตัวอย่างเลือกให้ฟังดนตรีที่ชอบแล้ว ตรวจสอบด้วยการสร้างภาพสมอง (Brain Imaging: PET) ปรากฏว่า ตำแหน่งของสมองที่ได้รับการกระตุ้นจะคล้ายกับตำแหน่งของสมองที่ได้รับการกระตุ้นที่ทำให้มีอาการมึนงงใจ ถึงแม้ว่าดนตรีที่ให้ฟังนั้นจะเป็นดนตรีที่อยู่กันคนละวัฒนธรรมการสร้างภาพสมอง (Brain Imaging: MRI) ก็แสดงให้เห็นว่า รูปแบบของการกระตุ้นสมองไม่แตกต่างกัน (Morrison, Demorest, Aylward, Cramer, & Maravilla, 2003)

การเลือกฟังดนตรี นอกจากจะกระตุ้นตำแหน่งของสมองที่ทำให้มีอาการมึนงงใจแล้วยังทำให้เกิดความรู้สึกขนลุก (Shiver or Chill) ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความตื่นตัวหรือตื่นเต้น (Arousal) แต่อาการดังกล่าวเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ยาก ผลการสอบถามผู้ที่เกิดความรู้สึกขนลุกหรือ Shiver or Chill สรุปได้ว่า อาการนี้จะเกิดขึ้นเมื่อได้ฟังดนตรีที่คุ้นเคยและรูปแบบของดนตรีที่เหมาะสม การได้ฟังดนตรีที่ชอบและสถานการณ์ในการฟังดนตรีคล้ายคลึงกับการฟังดนตรีในชีวิตประจำวัน เมื่อนำดนตรีที่ทำให้เกิดความรู้สึกขนลุกมาวิเคราะห์โครงสร้างของเสียง ปรากฏว่า กลุ่มที่ฟังดนตรีแล้วเกิดความรู้สึกขนลุกจะมีลักษณะของเสียงในด้านการเข้าถึงของเสียง (Entry of a Voice) และการเปลี่ยนระดับของเสียง เช่น การเล่นให้เสียงค่อย ๆ ดังเพิ่มขึ้น (Crescendo) หรือ การเล่นให้เสียงค่อย ๆ แผ่วลง (Diminuendo) ในลักษณะคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats แตกต่างจากผู้ที่ไม่เกิดความรู้สึกขนลุกเด่นชัดมากที่สุด

ดังนั้นการฟังดนตรีจะชักนำไปเกิดความรู้สึกขนลุกหรือไม่ จึงขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของดนตรีผู้ฟังและรูปแบบของดนตรี ซึ่งสรุปเป็นผังการเกิดความรู้สึกขนลุกที่เกิดจากเสียงดนตรี คือ เสียงดนตรีที่ชักนำไปเกิดความรู้สึกขนลุกผู้ฟังเกิดความพึงพอใจในเสียงนั้น ต่อมา รู้สึกคุ้นเคยกับดนตรีที่ฟัง บริบทในการฟังที่มีความเหมาะสมและรูปแบบของดนตรี ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเกิดความรู้สึกขนลุก (Grewe, Nagel, Kopiez, & Altenmüller, 2007) แสดงดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 ผังการเกิดความรู้สึกขนลุก (Shiver or Chill) จากเสียงดนตรี (Grewe et al., 2007)

การประเมินว่าดนตรีที่ฟังแล้วทำให้เกิดความพึงพอใจหรือทำให้เกิดความสนุกสนาน เพลิดเพลิน รวมทั้งกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวหรือตื่นเต้นเป็นการประเมินเกี่ยวกับอารมณ์ทางบวก (Positive Affect) แบ่งแนวทางในการวัดเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การประเมินความรู้สึกด้วยตนเอง การประเมินพฤติกรรมเมื่อกลุ่มตัวอย่างได้รับรางวัลและการวัดปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกาย เมื่อรู้สึกพึงพอใจ (Berridge, 2003) แต่การวัดที่นิยมใช้บ่อยในงานวิจัยที่เกี่ยวกับดนตรี คือ การประเมินความรู้สึกด้วยตนเองและการวัดปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายเมื่อรู้สึกพึงพอใจ

การประเมินความรู้สึกด้วยตนเองโดยใช้มาตราวัดประมาณค่า (Rating Scale) หรือแบบสำรวจรายการ (Checklist) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและเครื่องมือที่ใช้วัดมีอยู่จำนวนมาก มีทั้งการวัดคุณลักษณะเดียว (Single-Item Measures) และการวัดหลายคุณลักษณะ (Multiple-Item Measures) ซึ่งการวัดคุณลักษณะเดียว (Single-Item Measures) เป็นการวัดความรู้สึกที่มีต่ออารมณ์ใดอารมณ์หนึ่ง ส่วนคำตอบอาจเป็นทางเลือกทางเดียว (Unipolar) เช่น ไม่โกรธเลยถึงโกรธมากที่สุด หรือทางเลือกสองทาง (Bipolar) เช่น ไม่พึงพอใจถึงพึงพอใจ มักจะใช้มาตราวัดแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) ระดับ 5 7 หรือ 9 คะแนน (Larsen & Fredrickson, 2003)

### ตอนที่ 3 การรับรู้โดยการฟังและระบบประสาทที่เกี่ยวกับความใส่ใจ

#### กลไกของการรับรู้

การรับรู้คือกระบวนการจัดระบบ (Organizing) การตีความข่าวสาร (Interpreting) และทำความเข้าใจ (Understanding) ข้อมูลทางประสาทสัมผัสของสมอง (The Brain Sensory Information) กล่าวคือ การรับรู้เป็นมากกว่าการเห็นการได้ยินการได้กลิ่นการรับรู้รสและการสัมผัสทางผิวหนังแต่การรับรู้เป็นขั้นตอนแรกแห่งการรับรู้ตัวอย่างมีสติและกระบวนการรับรู้มีความซับซ้อนจึงสามารถนำไปสู่การรับรู้ที่ผิดพลาดได้ (นันทพล โรจนโกศล, 2552)

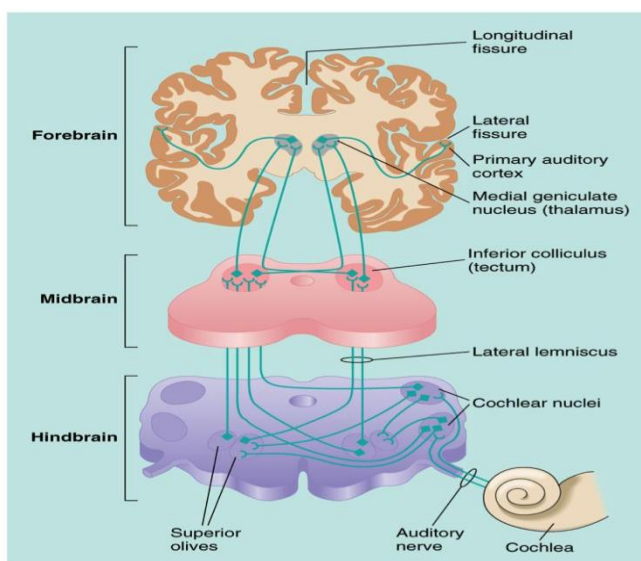
กลไกการรับรู้เกิดขึ้นจากสิ่งเร้าภายนอกและภายในร่างกายที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม ซึ่งอวัยวะรับสัมผัส (Sensory Organ) เป็นเครื่องรับสิ่งเร้าของมนุษย์ ส่วนที่รับความรู้สึกของอวัยวะรับสัมผัสอาจอยู่ลึกเข้าไปข้างในสมอง จากภายนอกไม่เห็นอวัยวะรับสัมผัสแต่ละอย่างมีประสาทรับสัมผัส (Sensory Nerve) ช่วยเชื่อมอวัยวะรับสัมผัสกับเขตแดนการรับสัมผัสต่าง ๆ ที่สมองและส่งผ่านไปยังประสาทมอเตอร์ (Motor Nerve) ไปสู่อวัยวะมอเตอร์ (Motor Organ) ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อและต่อมต่าง ๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองของอวัยวะมอเตอร์ แต่จะออกมาในรูปแบบใดขึ้นอยู่กับ การสั่งการของระบบประสาท ส่วนสาเหตุที่มนุษย์ไวต่อความรู้สึกเพราะเซลล์ประสาทของประสาทรับสัมผัสแบ่งแยกแตกออกเป็นกิ่งก้านแผ่ไปติดต่อกับอวัยวะรับสัมผัสและอวัยวะรับสัมผัสมีเซลล์รับสัมผัสที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว จึงทำให้มนุษย์รับสัมผัสได้รวดเร็ว (นันทพล โรจนโกศล, 2552)

กลไกประสาทสัมผัสหลักของมนุษย์เป็นช่องทางการรับรู้ของระบบประสาท กระบวนการฟังเป็นทักษะทางภาษาที่มนุษย์ใช้มากที่สุด บางครั้งอาจเข้าใจว่าการฟังมีความหมายเหมือนการได้ยิน แต่ในความเป็นจริงแล้วการฟังกับการได้ยินมีความหมายแตกต่างกัน พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 (2546, หน้า 811) ให้ความหมายของคำว่า “ฟัง” ไว้ว่า ตั้งใจสดับ คอยรับเสียงด้วยหู ส่วนการได้ยิน หมายถึง รับรู้เสียงด้วยหู จากทั้งสองความหมายนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า การฟังมีความเกี่ยวข้องกับ การตั้งใจฟัง ต่างจากการได้ยินซึ่งเป็นเพียงการรับรู้เสียงด้วยหูเท่านั้น

พฤติกรรมการใช้ภาษาที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลของบุคคลหนึ่งหลังจากได้ยินเสียงพูดหรือเสียงอ่าน ซึ่งเป็นพฤติกรรมการใช้ภาษาภายนอกตัวบุคคลจากอีกบุคคลหนึ่ง เมื่อเสียงนั้นมากระทบโสตประสาทของผู้รับ คือ ผู้ฟังแล้ว ผู้ฟังก็จะนำเสียงพูดเหล่านั้น เข้าสู่กระบวนการทางสมอง คือ การคิดด้วยการแปลความ ตีความจนเกิดความเข้าใจ ทั้งนี้ถ้าเสียงดังกล่าวเป็นเสียงในภาษาเดียวกันของทั้งผู้พูดและผู้ฟัง การฟังก็จะเกิดผลได้ง่าย ถูกต้องและชัดเจน (ปรีชา ช่างขวัญยืน, 2525, หน้า 4-5)

### การรับรู้โดยการฟัง (Auditory Perception)

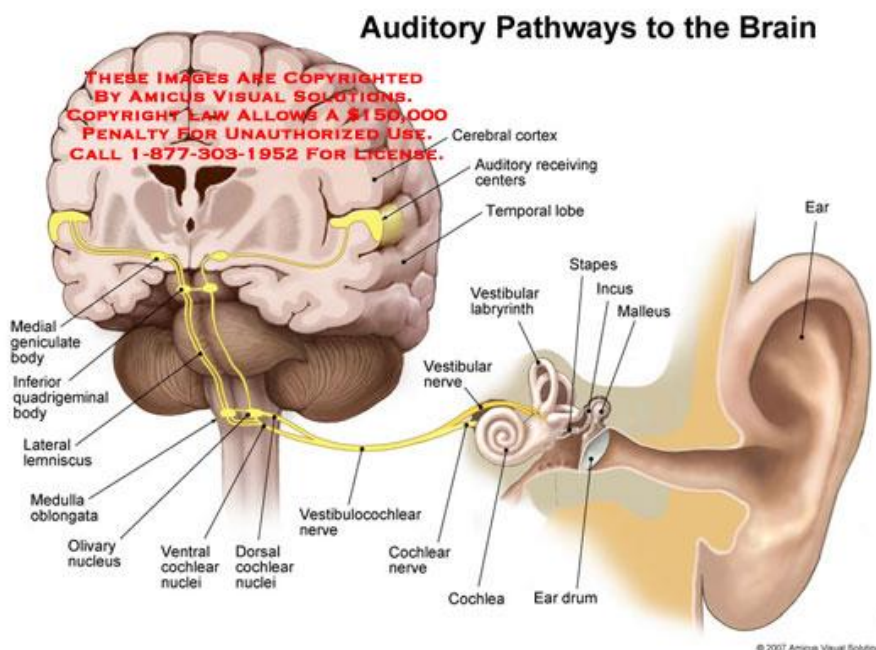
การฟังเกิดจากการได้ยินซึ่งเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิดของเสียง ซึ่งการที่เราจะได้ยินนั้นต้องมีโครงสร้างของหู ประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก ๆ ได้แก่ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นใน การสั่นของวัตถุซึ่งเป็นต้นกำเนิดเสียง เรียกความถี่ของเสียงซึ่งเราสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์ (จำนวนครั้งต่อวินาที) เสียงที่มีความถี่สูงเป็นเสียงแหลม ความถี่ต่ำเป็นเสียงทุ้ม



ภาพที่ 2-13 ภาพที่ 2-13 Auditory Pathway

ที่มา: <http://mikeclaffey.com/psyc170/notes/notes-other-senses.html>

นอกจากโครงสร้างของหูซึ่งเป็นอวัยวะในการรับฟังเสียงแล้ว ระบบประสาทที่เป็นตัวเชื่อมโยงให้สมองเกิดการรับรู้เสียง คือ Auditory Cortex ส่วนของสมองที่รับเสียงจะอยู่ที่ Heschl's Gyrus หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Transverse Gyrus ใน Sylvian Fissure บริเวณใกล้ ๆ กับสองส่วนสามของด้านหลังบน Upper Surface ของ Temporal Lobe ส่วนของ Primary Auditory Cortex จะรับสัญญาณประสาทที่ได้รับจาก Auditory Fiber และตำแหน่งของการตอบสนองจะเฉพาะเจาะจงกับความถี่ของเสียงที่ได้รับ ในขณะที่บริเวณอื่นจะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ความคุ้นเคยของเสียงพูดและความเข้าใจความหมายของเสียง (ชุตินา โรจนศิริพงษ์, 2552)



ภาพที่ 2-14 ทางเดินประสาทเกี่ยวกับการได้ยิน

ที่มา: <https://www.google.co.th/search?q=auditory+pathway+to+brain&biw>

### การฟังที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ

สามารถแบ่งเป็นกระบวนการต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. Input เป็นกระบวนการรับสิ่งเร้าที่เป็นคลื่นเสียงที่ส่งผ่านเข้าหูซ้ายและขวา โดยใช้คลื่นความถี่ที่ต่างกัน
2. Processing เป็นกระบวนการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการได้ยินที่ต้องอาศัยความสามารถด้านต่าง ๆ เช่น Attention, Memory, Discrimination และ Brain Synchronization
3. Output เป็นกระบวนการที่แสดงออกถึงความสามารถในการเข้าใจและสามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้

ระยะเวลาความใส่ใจของมนุษย์มีหลายค่าขึ้นอยู่กับคำจำกัดความของความใส่ใจที่นำมาใช้ หากเป็นความใส่ใจแบบพุ่งความใส่ใจ (Focused Attention) เป็นการตอบสนองระยะสั้นต่อสิ่งที่มาดึงดูดความใส่ใจระยะเวลาความใส่ใจจะเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 8 วินาที ส่วนความใส่ใจต่อเนื่อง (Sustained Attention) เป็นระดับความใส่ใจต่อกิจกรรมเป็นเวลานาน ปกติระยะเวลาของความใส่ใจต่อเนื่องสูงสุดประมาณ 20 วินาที ในวัยรุ่นตอนปลายและผู้ใหญ่ (Dukette & Cornish, 2009 อ้างถึงใน พนิดา วิมานรัตน์, 2556) หากความใส่ใจทั้งสองแบบทำงานไปพร้อม ๆ กันตลอดเวลาทำให้สามารถเลือกสิ่งที่สำคัญและให้ความใส่ใจต่อสิ่งนั้นได้นานขึ้น


ดังนั้น ความใส่ใจจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากที่ต้องการเรียนรู้และการใช้ในชีวิตประจำวัน ถ้าได้รับการจัดการหรือแก้ไขในแนวทางที่ถูกต้อง จะช่วยให้มนุษย์สามารถเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพและเหมาะสมตามวัยเนื่องจากความสมดุลของความใส่ใจที่เกิดจากปัจจัยภายในหรือ




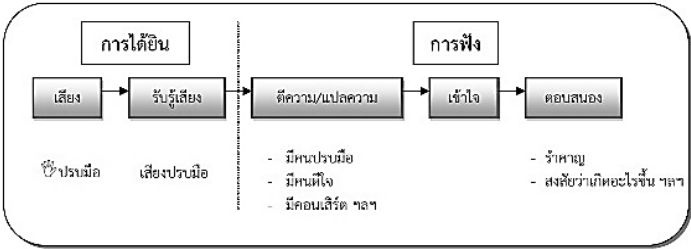
จากบนลงล่าง (Top-Down) ที่ต้องใช้ความตั้งใจในการควบคุมความใส่ใจไปยังสิ่งเร้าเพื่อแสดงพฤติกรรมออกมาให้เป็นไปในทิศทางที่มุ่งหวังซึ่งเกิดจากการรับรู้อย่างมีสติและความใส่ใจที่เกิดจากปัจจัยภายนอกหรือล่างขึ้นบน (Bottom-Up) ที่มีลักษณะเป็นไปโดยอัตโนมัติสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่พบว่า ทักษะการรับรู้มีความสัมพันธ์กับการปรับตัวทางสังคม โดยความใส่ใจเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรับรู้ เช่น การมองเห็นและการได้ยิน (Peelen & Mrucek, 2008; Sanders, Stevens, Coch, & Neville, 2006) ซึ่งในทางทฤษฎีการมีทักษะความใส่ใจบกพร่องจะนำไปสู่การบกพร่องเกี่ยวกับการรับรู้ (Combs & Gouvier, 2004) เช่นมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งเร้าการบกพร่องทางการมองเห็นและการได้ยิน (Boynton, 2005; Moore, Ferguson, Halliday, & Riley, 2008)

**Hearing vs Listening**

**Hearing**  
To perceive sound via the ear



**Listening**  
Listening requires concentration so that your brain processes meaning from words and sentences.

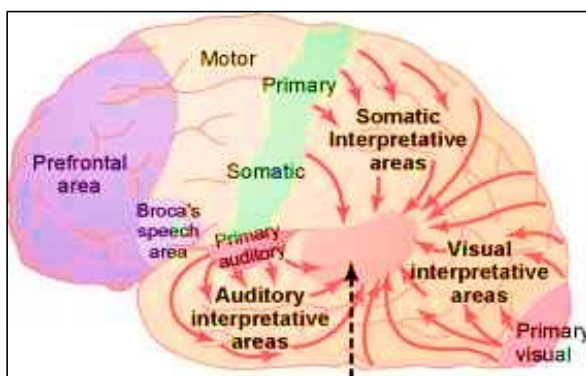
ภาพที่ 2-15 การได้ยินและการฟัง

ที่มา: <https://sites.google.com/site/phasathiykabkarchi/bth-thi-1-phas-a-kabkar-suxsar/1-1-khwam-ru-phun-than-reuxng-kar-suxsar>

**ระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับความใส่ใจ**

ความใส่ใจต้องมีการคัดกรองการไหลผ่านของข้อมูลเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึก (Sensory) โดยจะเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของข้อมูลที่ตรงประเด็นหรือมีความสำคัญ ขณะเดียวกันก็จะกำจัดหรือลดการไหลของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องซึ่งจะดึงความใส่ใจไปจากข้อมูลที่ตรงประเด็นเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกในสมอง ซึ่งกระบวนการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า กระบวนการเรียนรู้และความจำนั้น เป็นกระบวนการที่เป็นพลวัตมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้ตลอด อีกทั้งกระบวนการเหล่านี้ยังมีการปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ข้อมูลจากการศึกษาปรากฏว่า สมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าโดยเฉพาะการเลือกให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย (Selective Attention) นั้นจะเป็นสมองส่วนพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Prefrontal Cortex) และซิงกูเลทไจรัส (Cingulate Gyrus) (Sarter, Albin, Kucinski, & Lustig, 2014) ซึ่งเป็นส่วนของ Anterior Attention System แต่การให้ความใส่ใจที่เกี่ยวข้องกับทิศทางนั้นจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วนพารีทัลโลบ (Parietal Lobe) ธาลามัส (Thalamus) และบางส่วนของสมองส่วนกลาง (Mid Brain) (Sternberg, 2009, pp. 145-160) ในขณะที่การดำรงความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Sustained Attention) นั้นจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน Frontal และ Parietal Region ของสมองซีกขวาคู่กับเป้าหมาย และการทำงานของสมองในส่วนพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Prefrontal Cortex) (Taylor & Fragopanagos, 2005)

ข้อมูลจากสิ่งเร้าภายนอกทั้งหมดที่ผ่านเข้าสู่ระบบประสาทและการกรองข้อมูลที่ไม่สำคัญที่ไพรมารี เซ็นซอรี คอร์เทกซ์ (Primary Sensory Cortex) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการแปลรหัสข้อมูลสิ่งเร้าภายนอกอย่างละเอียดว่าอะไรมาจากที่ใดและขนาดเท่าใดแล้วส่งให้ แอสโซซิเอชัน เซ็นซอรี คอร์เทกซ์ (Association Sensory Cortex) ซึ่งเป็นพื้นที่ในสมองที่ทำหน้าที่ทำความเข้าใจและตีความรหัสข้อมูลที่เข้ามาแต่การแปลและตีความข้อมูลการรับรู้ยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความใส่ใจ (Attention) ความจำ (Memory) และภาษา (Language) (นันทพล โรจนโกศล, 2552)



ภาพที่ 2-16 Association Sensory

ที่มา: <https://www.google.co.th/search?q=Primary+Sensory+Cortex&biw=109>

ความตั้งใจและจดจ่อ (Intentional and Concentrate) ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายแบบตั้งใจและจดจ่อ นั้น เช่น การศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ของ Proverbio et al. (2004) โดยใช้กิจกรรมการเลือกความใส่ใจ (Selective Attention Tasks) ด้วยการใช้เพลงที่ใช้คุณสมบัติของคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อเหนี่ยวนำให้คลื่นสมองเปลี่ยนแปลงไปสู่คลื่นสมองระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนด ทำให้เกิดการคัดหลั่งของสารสื่อประสาท กลุ่มอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine: ACh) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับระบบแรงจูงใจ (Motivation System) และการให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้าและระบบดังกล่าวเองก็ยังมีส่วนในการดำรงความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Sustain Attention) โดยเฉพาะในสมองด้านขวา (Himmelheber, Fadel, Sarter, & Bruno, 2002) ขณะเดียวกันสิ่งเร้าที่กระตุ้นการทำงานของ Anterior Attention System ก็จะส่งใยประสาทไปรื้อการทำงานของ Posterior Attention System บริเวณ Parietal Cortex จากนั้นจะส่งใยประสาทไปมีอิทธิพลต่อระบบประสาทรับความรู้สึกรวมทั้งระบบที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการตื่นตัวที่บริเวณก้านสมองซึ่งจะใช้สารสื่อประสาทกลุ่มนอร์อิพิเนฟริน (Noradrenaline) อีกทั้งการฝึกโดยให้สายตาจดจ่อตามการเคลื่อนไหวของสิ่งเร้า จะช่วยปรับสมดุลให้ระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nerves System: CNS) ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nerves System: ANS) และระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral Nervous System: PNS) โดยมีการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาท เช่น การลดลงของนอร์อิพิเนฟริน (Norepinephrine) และคอร์ติซอล (Cortisol) การเพิ่มขึ้นของ



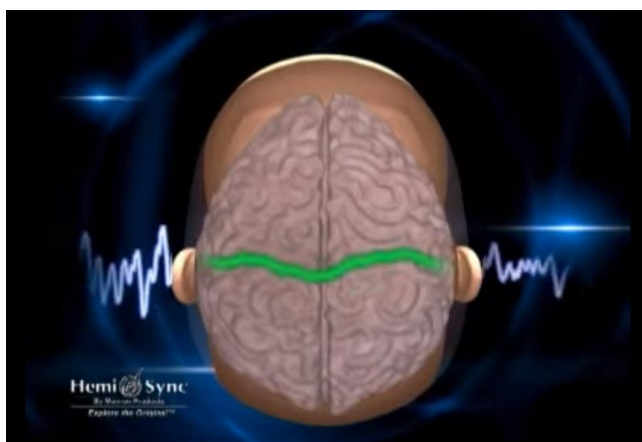
เซโรโทนิน (Serotonin) โดปามีน (Dopamine) อะซิติลโคลีน (Acetylcholine) และการเปลี่ยนแปลงแปลงของการส่งผ่านกระแสประสาท (Nerve Impulse) ที่ส่งผลกระทบต่อระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic System) ให้มีการทำงานเพิ่มขึ้นและมีการรับรู้ดีขึ้น (สมพร กันทรดุษฎี เตรียมชัยศรี, 2554, หน้า 7-8)

โดยสรุปคุณลักษณะของสิ่งเร้ามีผลต่อความใส่ใจของมนุษย์ ในการศึกษาและทดลองเหล่านี้ มีการศึกษาทั้งในกลุ่มปกติและในคลินิกซึ่งในกลุ่มคนปกติที่เป็นกลุ่มนักศึกษาและผู้ใหญ่ ส่วนในคลินิกเป็นกลุ่มเด็กสมาธิสั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจการเพิ่มความใส่ใจโดยรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ใช้คุณลักษณะของสิ่งเร้าดังกล่าวที่ช่วยเพิ่มความใส่ใจในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### การได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้าง (Binaural Hearing)

Binaural Process หรือกระบวนการได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้างที่มีสัญญาณที่ชัดเจนมีผลต่อการสื่อสารปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทที่ส่งเข้ามาจากหูข้างซ้ายและข้างขวา (Durlach & Colburn, 1978) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับด้าน Cognitive นับตั้งแต่ Gerald Oster ได้อธิบายสิ่งที่พบจากการทดลองในปี ค.ศ. 1939 คือ Binaural Beat โดยคลื่น Binaural Beats เริ่มเป็นที่รู้จัก และมีการทำการค้นคว้าวิจัยต่อเนื่อง จากผลงานที่ชื่อว่า Auditory Beats in The Brain

Robert Monroe and Monroe Institute เป็นสถาบันที่ได้เริ่มศึกษาการทำงานของคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats อย่างจริงจังในภาวะที่รู้สติ โดยใช้เครื่อง Electroencephalography (EEG) วัดคลื่นความถี่ของผู้รับการทดลองจนกระทั่งได้ข้อสรุปว่าคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมองจริง นอกจากนั้นยังค้นพบอีกว่าสมองไม่ได้ตอบสนองต่อเสียงที่ได้ยินเพียงซีกใดซีกหนึ่ง แต่สมองทั้ง 2 ซีกล้วนมีการทำงานประสานกันโดยการรับแรงสั่นสะเทือนของกันและกันอีกด้วย



ภาพที่ 2-17 การทำงานประสานของสมองทั้ง 2 ซีก โดยการรับแรงสั่นสะเทือนของกันและกัน  
ที่มา: <http://www.hemi-sync.com/hemi-sync-video>

งานวิจัยที่ได้รับรางวัลโนเบลของ โรเจอร์สเปอรรี่ (Roger Sperry) และงานวิจัยของ อีแรนแซนดิล (Eran Zandirl) ได้สรุปว่าถ้าสมองของมนุษย์ทั้งสองส่วนมีโอกาสใช้งานร่วมกันในเวลาเดียวกันอย่างเหมาะสม จะทำให้การพัฒนาสติปัญญามีประสิทธิภาพ กระบวนการเรียนรู้และแก้ปัญหาจะมีทั้งรูปแบบที่ใช้ประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ ลำดับขั้นตอนและคิดอย่างมีเหตุผล (ซินโฮสถ หัสบำเรอ, 2541, หน้า 12-13)

มนุษย์มีคลื่นสมอง (Brainwaves) ที่มาจากการทำงานของเซลล์ประสาทที่มีการรับ-ส่ง สารเคมีและกระแสไฟฟ้าเกิดเป็นความถี่ จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นคลื่นสมองซึ่งวัดได้ด้วยเครื่อง EEG มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz) คลื่นสมองที่เรารู้จักกันดีแบ่งเป็น 5 ระยะ ดังนี้

ช่วงความถี่	ชนิดของคลื่น	กิจกรรม
> 40 Hz	Gamma Wave	ต้องใช้ความตื่นเต้น การรับรู้ ความกดดัน ความกลัว ที่มาก
13-39 Hz	Beta Wave	ตื่นตัวใช้ความคิด
7-13 Hz	Alpha Wave	ผ่อนคลาย ใช้ความคิดสร้างสรรค์
4-7 Hz	Theta Wave	ทำสมาธิ จดจ่อ สร้างจินตภาพ
< 4 Hz	Delta Wave	หลับลึก ไม่รู้สึกตัว

ภาพที่ 2-18 คลื่นสมองตามระดับความถี่

ที่มา: <https://www.google.co.th/search?biw>

นักวิจัยทางประสาทวิทยา ได้ให้ข้อมูลจากการวัดคลื่นไฟฟ้าของสมอง ที่แสดงให้เห็น รายละเอียดแต่ละช่วงความถี่ของคลื่นสมองของมนุษย์ ดังตัวอย่างคลื่นความถี่ย่อยที่อยู่ในคลื่นความถี่แต่ละช่วง ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 คลื่นย่อยที่อยู่ภายในคลื่นอัลฟา (7Hz-13Hz)

ช่วงความถี่ (เฮิรตซ์)	ผลกระทบ
7.5 Hz	ความคิดสร้างสรรค์
7.5 Hz-8 Hz	ช่วยเลิกสิ่งเสพติด
8 Hz-14 Hz	จี้กง
8 Hz-8.6Hz	ลดความเครียด วิตกกังวล
8 Hz-10 Hz	เรียนรู้สิ่งใหม่ ความจำ แก้ปัญหา จดจ่อแบบผ่อนคลาย
10 Hz	เพิ่มเซราโทนิน ตื่นตัว บรรเทาการปวดศีรษะ
10 Hz-12 Hz	พัฒนาจิต ความเชื่อมต่อร่างกาย
10.5 Hz	ลดความดันโลหิต การไหลเวียนโลหิต

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ช่วงความถี่ (เฮิรตซ์)	ผลกระทบ
10.6 Hz	ผ่อนคลาย ตื่นตัว
11 Hz	รู้สึกผ่อนคลาย แต่ยังตื่นตัว ฝืนกลางวัน เป็นตัวเชื่อมระหว่างมีสติกับไร้สติ ความเครียดลดลง
12 Hz	ทำให้ภาวะจิตใจมั่นคง
12 Hz-14 Hz	พัฒนาการเรียนรู้ด้วยการซึมซับข้อมูล
12.3 Hz	พัฒนาการมองเห็น

จากตารางที่ 2-1 แสดงให้เห็นว่า ในแต่ละช่วงของคลื่นสมองยังมีความถี่ที่ละเอียดลึกลงไปอีก นั่นหมายถึงว่าสมองของมนุษย์ทุกคนต่างมีคลื่นความถี่ที่เหมาะสมกับตนเองแตกต่างกัน บางคนสามารถผ่อนคลายได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยผ่อนคลาย แต่บางคนแม้ว่าจะมีเครื่องผ่อนคลายที่ทรงประสิทธิภาพมากแค่ไหนก็ผ่อนคลายไม่ได้เลย ซึ่งมีสาเหตุหนึ่งมาจากการทำงานของคลื่นสมองที่ไม่เหมาะสมกับบุคคลนั้น ๆ และคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง จะช่วยให้อาการที่มีอยู่เหล่านั้นดีขึ้นเป็นลำดับ

#### การแทรกสอดของเสียง (Interference) และบีตส์ (Beats)

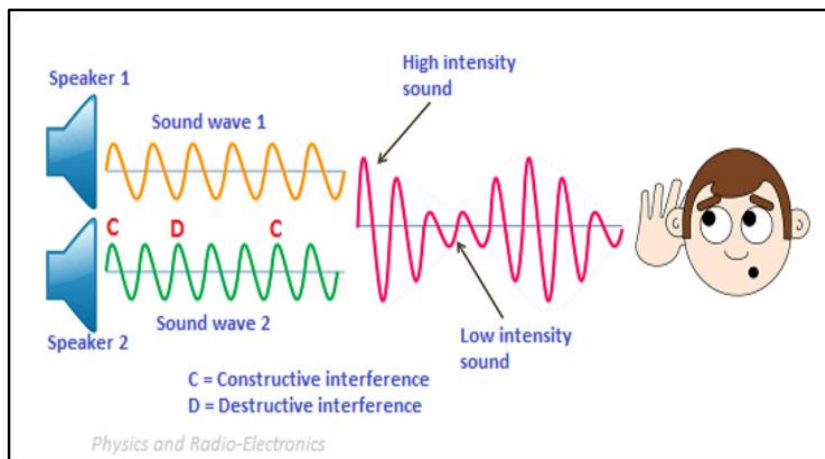
เสียงเป็นพลังงานกลเป็นคลื่นแนวยาว ซึ่งมีคุณสมบัติ 4 ประการ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน มีรายละเอียด ดังนี้

1. การสะท้อน เสียงมีการสะท้อนเหมือนกับคลื่น เป็นไปตามกฎการสะท้อน โดยที่เมื่อเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากจะมีการสะท้อนของคลื่นเสียงเกิดขึ้น

2. การหักเหของคลื่นเสียงคือการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่างกัน

3. การแทรกสอด เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียง 2 ขบวนเคลื่อนที่เข้ามาในตัวกลางเดียวกันเกิดการรวมคลื่นกันขึ้นทำให้เกิดการเสริมกันและหักล้างกัน ตำแหน่งที่เสริมกันเรียกว่า ตำแหน่งปฏิบัพ (เสียงดัง) ตำแหน่งที่หักล้างกันเรียกว่า ตำแหน่งบัพ (เสียงจะค่อย) คลื่นเสียง 2 ขบวนที่มี ความถี่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จะเกิดการแทรกสอดกันขึ้น ส่วนที่มีเฟสตรงกันก็จะเสริมกัน ส่วนที่มีเฟสตรงข้ามกันก็จะหักล้างกัน

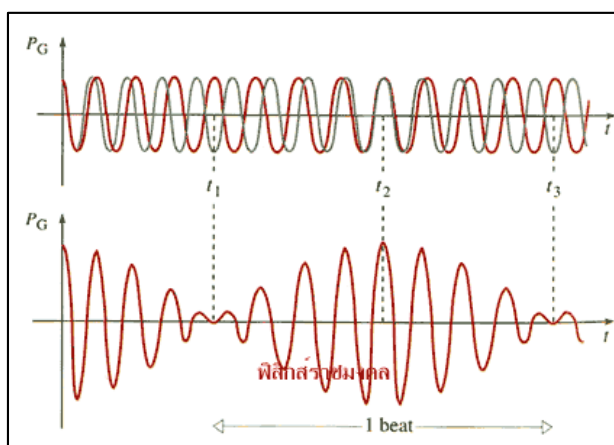
4. การเลี้ยวเบน คลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางและสามารถเคลื่อนที่อ้อมได้



ภาพที่ 2-19 การแทรกสอดของเสียง

ที่มา: <http://www.physics-and-radio-electronics.com/physics/beats-waves>

การแทรกสอดเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนเคลื่อนที่บนตัวกลางเดียวกันมาพบกัน ทำให้เกิดคลื่นลัพธ์จากการรวมตัวของคลื่นทั้งสองขณะที่เกิดการซ้อนทับกัน เราเรียกว่าการแทรกสอด เช่นนี้ว่า บีตส์ (Beats) หากการทดลองฟังเสียงที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นที่มีความถี่ต่างกันเพียงเล็กน้อยเช่นนี้แล้วเราจะได้ยินเสียงหึ่ง (สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2560)



ภาพที่ 2-20 บีตส์ (Beats)

ที่มา: [https://www.mwit.ac.th/~physicslab/content\\_02/sci40103/chap2/](https://www.mwit.ac.th/~physicslab/content_02/sci40103/chap2/).

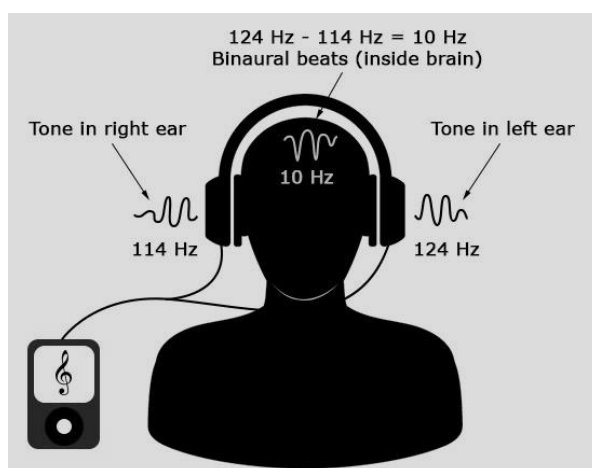
### Binaural Beats (BBs)

Binaural Beats คือ ผลจากการฟังคลื่น โดยหูแต่ละข้างมีความถี่ต่างกัน โดยจะเกิด Synchronize กันในสมองออกมาเป็นคลื่นความถี่ต่ำอีกคลื่นหนึ่ง ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

คลื่นสมองตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น Binaural Beats หูซ้าย 240 Hz หูขวา 231 Hz คลื่นความถี่ที่จะเกิดจากการ Synchronize คือ 9 Hz ซึ่งอยู่ใน Alpha State ซึ่งหากฟังเป็นประจำ จะทำให้สมองผลิตคลื่นอัลฟาได้มากขึ้น ในสภาวะนี้จะก่อให้เกิดการผ่อนคลาย จิตรู้สำนึกทำงานได้ดี ตระหนักรู้ความรู้สึกในตนเอง (Oster, 1999)

Binaural Beats เป็นผลที่เกิดจากการทับซ้อนของเซลล์ประสาทที่ส่งมาจากหูข้างซ้าย และหูข้างขวา ด้วยระดับที่เหมาะสมของเส้นทางการได้ยินเป็นสิ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าเซลล์ประสาทที่ปล่อยออกมาในระบบประสาทการฟัง คงไว้ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการรับสัญญาณด้วย ข้อเท็จจริงว่าการปล่อยเซลล์ประสาทดังกล่าวทำให้เกิดการผสมผสานที่เกิดเป็นคลื่นสัญญาณเฉพาะ ด้วยผลการทับซ้อนนี้ทำให้ได้แบบแผนของคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันออกไป ตามแบบคลื่น Binaural Beats (Kasprzak, 2011)

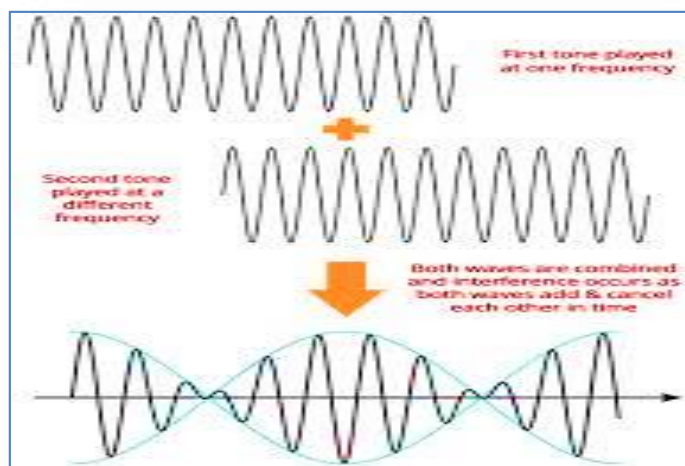
งานวิจัยของ Kasprzak (2011) มีจุดประสงค์ที่จะตรวจสอบว่า Binaural Beats มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณศักย์ไฟฟ้าในสมอง ซึ่งเป็นการยืนยันงานวิจัยที่เคยศึกษามาก่อนหน้านี้ เช่น Binaural Beats มีผลกระตุ้นให้สมองเกิดการเปลี่ยนแปลงจากคลื่นสมองหนึ่งไปเป็นแถบคลื่นความถี่อื่น และการศึกษาที่มีมาก่อนจึงนำไปสู่การศึกษาติดตามต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ ใช้คลื่นความถี่ที่ 10 เฮิร์ตซ์ ซึ่งหมายถึงคลื่นสัญญาณเสียงที่ส่งเข้าหูซ้ายที่ความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ ส่วนสัญญาณที่ส่งเข้าหูขวาที่ความถี่ 110 เฮิร์ตซ์ โดยกำหนดระดับการฟังที่ 73 เดซิเบล ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยช่วงความกว้างความหนาแน่นของคลื่นสัญญาณ EEG ที่ได้รับการยืนยันแล้วมีผลให้ติดตามต่อ ซึ่งหมายถึงองค์ประกอบความถี่ในคลื่น EEG ที่สังเกตการณ์นั้นสัมพันธ์กับความถี่ที่ถูกส่งมาจากคลื่น Binaural Beats และเป็นที่ยืนยันได้ชัดว่าช่วงเวลาที่มีการส่งคลื่น Binaural Beats จะเห็นการลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงความกว้างความเข้มข้นของสัญญาณ EEG ในช่วงความถี่อัลฟาและเบต้า และพบว่าช่วงความกว้างของสัญญาณเพิ่มขึ้นในช่วงความถี่เรต้าจากงานวิจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า Binaural Beats สามารถเหนี่ยวนำให้สมองเปลี่ยนจากคลื่นความถี่หนึ่งไปสู่อีกคลื่นความถี่หนึ่งได้ (Kasprzak, 2011)



ภาพที่ 2-21 การทำงานของคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

ที่มา: <https://bebrainfit.com/binaural-beats-meditation/>

เมื่อคลื่นเสียง 2 คลื่นที่เหมาะสม ได้ปล่อยเข้าไปในหูผู้ฟังผ่านอุปกรณ์หูฟังในความดังที่พอดี ก่อให้เกิดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ชัดเจน และเมื่อมีการนำไปผสมกับเสียงที่สร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลอง ซึ่งเรียกว่า White Noise ซึ่งเป็นเสียงที่เหมือนเสียงธรรมชาติ เช่น เสียงลมพัดผ่านยอดหญ้า เมื่อมีการใส่เสียงเหล่านี้เพิ่มเข้าไปทำให้โทนเสียงเดิมเหมือนจะถูกกลบให้ไม่ได้ยิน แต่จริง ๆ แล้วเป็นการปรับระดับโทนเสียงให้เป็นเสียงดนตรีด้วยการเพิ่มเสียงดนตรี (Noise) เข้าไป (Oster, 1999)



ภาพที่ 2-22 คลื่นความถี่ที่ต่างกันจากหูซ้ายและขวาเมื่อผสมรวมกัน

ที่มา: <http://www.clear-mind-meditation-techniques.com/binaural-beats-for-meditation.html>

จากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีผลกระทบต่อกิจกรรมของคลื่นสมอง ซึ่งผลกระทบดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันของการเสริมระบบความผ่อนคลาย เบื้องต้นและกระตุ้นประสาทสัมผัสอื่น กระบวนการความจำและความตั้งใจมีมากขึ้นซึ่งเป็นการปรับการรักษาภาวะสมดุลและประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นกลไกการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติ (Steriade, McCormick, & Sejnowski, 1993)

Atwater (1997) ได้ทดลองเรื่องคลื่นความถี่ที่ตอบสนองกลับ (Frequency Following Response) โดยมีอาสาสมัครเข้าทดลอง 7 คน ซึ่งผู้เข้าร่วมการทดลองได้สัมผัสกับสิ่งเร้าแบบ Binaural Beats ผลจากการศึกษาเป็นข้อพิสูจน์การเพิ่มขึ้นของความกว้างของขอบเขตค่าเฉลี่ยเวลาคลื่นไฟฟ้าสมองในคลื่นความถี่ที่ตรงกันกับสิ่งเร้าแบบ Binaural Beats เมื่อเทียบกับสถานะสงบ (Silence Baselines) ระดับความสูงในช่วงกว้างของคลื่นสมองเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะสงบ ยังคงมีปฏิกิริยาตอบสนองที่มีต่อทั้งในการทดลองหลอกและในอีกทางกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีการเพิ่มค่าเฉลี่ยช่วงกว้างของคลื่นในช่วงเวลาของ 16 เฮิร์ตซ์ เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญค่าเฉลี่ยช่วงกว้างของคลื่นสมองสถานะสงบ (Silence Baselines) ขณะที่การเพิ่มคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงหลอกกับสิ่งเร้าแบบ 7 Hz กลับถูกพิจารณาว่ามีนัยสำคัญ ดังนั้นไม่มีข้อยืนยันสำหรับช่วงความถี่ 16 เฮิร์ตซ์

Atwater (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และเกณฑ์ของระดับการตื่นตัว โดยการศึกษาดังกล่าวอธิบายการศึกษา 2 เรื่อง เรื่องแรกตรวจวัดการแปรเปลี่ยนของระบบประสาท (กิจกรรมของคลื่นสมองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องหรือโดยรวม) ที่สัมพันธ์กับสิ่งเร้าคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ซับซ้อน เรื่องที่สองศึกษาโดยใช้รูปแบบการศึกษาพื้นฐานเดียวกัน แต่สิ่งเร้าเป็นคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats แบบหลอก ผลการศึกษาทั้งสองแสดงให้เห็นว่า ในช่วงที่ใช้สิ่งเร้าแบบ Binaural Beats มีเปอร์เซ็นต์ของคลื่นอัลฟาบริเวณท้ายทอยที่ลดลง (ขั้ว O1-O2) อย่างมีนัยสำคัญในช่วงที่ห่างจากทั้งหมดหกช่วง ขณะที่การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นพื้นฐาน (Baselines) และในช่วงเวลาบันทึกเดียวกันนี้เปอร์เซ็นต์ในส่วนคลื่นเดลต้า (ขั้ว C3-C4) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงที่ห่างจากทั้งหมดหกช่วงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นพื้นฐาน (Baselines) ส่วนคลื่นสมองอัลฟาและเดลต้า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นที่มีนัยสำคัญระหว่างการทดลองใช้สิ่งเร้าหลอก

### ดนตรีแบบ Binaural Beats และการเพิ่มความใส่ใจ

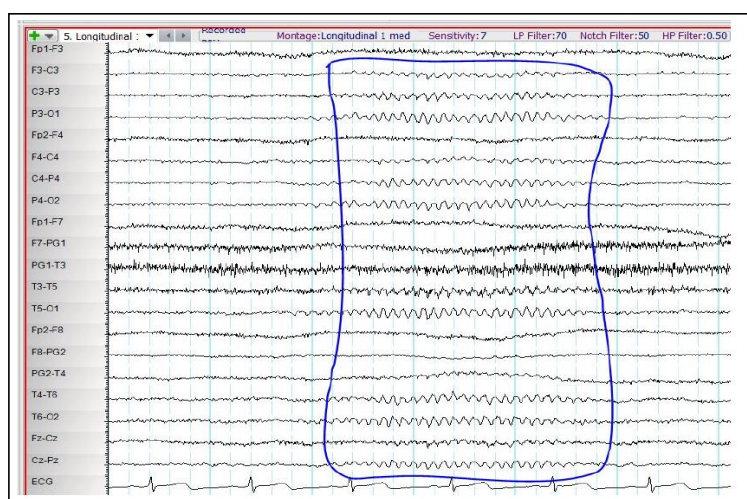
การวิจัยพบว่าคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เป็นคลื่นเสียงที่ฟังแล้วช่วยในการปรับคลื่นในสมองให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จากการทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มความใส่ใจ โดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดทำเสียงดนตรีแบบ Binaural Beats โดยการใช้เสียงดนตรีประเภทต่าง ๆ เข้ามาผสมผสานเพื่อให้ตรงต่อกลุ่มผู้ใช้งาน เสียงดนตรีที่เลือกสรรอย่างเหมาะสม มีส่วนช่วยในการพัฒนาสมองและสมาธิ เนื่องจากเสียงดนตรีจะช่วยกระตุ้นการเพิ่มเส้นใยประสาทภายในสมอง (Solca, Mottaz, & Guggisberg, 2016) นอกจากนี้ ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่ฝึกสมาธิโดยมีเสียงดนตรีประกอบจะมีจิตที่เป็นสมาธิมากกว่าและใช้ระยะเวลาในการเข้าสู่ความสงบของสมาธิเร็วกว่านักเรียนที่ฝึกสมาธิโดยไม่มีเสียงดนตรีประกอบ (Grose, Buss, & Hall, 2012)

บทความ Science of The Binaural Beats Brainwave Entrainment ได้อธิบายไว้ว่า ภายในระบบศูนย์กลางของกระบวนการได้ยิน กรณีที่ Wave Form Phase แตกต่างกับ Electron Pulse Rate ซึ่งอยู่ในส่วนของศูนย์กลางการประมวลผลการได้ยินเป็นส่วนใหญ่ ความแตกต่างของ Electron Pulse Stimulation ในศูนย์กลางการประมวลผลการได้ยินในสมองนี้ ถือเป็นความผิดปกติและความผิดปกตินี้จะเกิดไปมาอยู่ระหว่างรูปแบบของคลื่นที่มีความแตกต่างกัน ทั้งสอดคล้องกันและไม่สอดคล้องกัน ส่งผลให้เกิดการลดและเพิ่มความต่างของ Electron Pulse Stimulation ซึ่งนั่นคือ Binaural Beats และ Amplitude ของคลื่นจะถูกจัดการในศูนย์กลางการประมวลผลการได้ยินในสมอง ซึ่งเป็นจุดที่คลื่นจะกลายเป็นคลื่นสมอง ดังนั้น Binaural Beats สามารถจัดการปรับ Amplitude ของคลื่นทั้ง 2 รูปแบบได้ สมองแต่ละซีกจะมี Olivary Nucleus ที่ทำให้เกิดคลื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน สร้างให้มีกระแสไฟฟ้าในสมอง 2 ซีกเท่า ๆ กัน และทำให้กระแสประสาททำงานประสานกันระหว่างสมองทั้ง 2 ข้างได้อย่างดี หรืออีกนัยหนึ่ง Binaural Beats สามารถปรับความถี่ของคลื่นสมองไปสู่สภาวะที่เราปรารถนาให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งนำไปสู่คลื่นสมองที่ช่วยเพิ่มความใส่ใจและสมาธิได้

จักรกริช กล้าผจญ (2554) ได้จัดทำโครงการดนตรีบำบัดสมองชุดดนตรีพื้นเมืองล้านนาที่มีการแทรกสอด Binaural Beats โดยมีแนวคิดที่จะแทรกสอดคลื่นเสียงนี้ในดนตรีที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่



เพื่อให้มีศักยภาพในการกระตุ้นสมองสูงสุดและยังได้ริเริ่มวิธีการสังเคราะห์คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อใช้บำบัดสมองในคนไทยด้วยวิธีใหม่ที่แตกต่างจากวิธีการสังเคราะห์ในต่างประเทศ กล่าวคือ ใช้ความแตกต่างของคลื่นเสียงจากเพลงในอุทยานความถี่ของเครื่องดนตรีทุกชิ้นระหว่างหู 2 ข้างซึ่งในต่างประเทศใช้วิธีการสังเคราะห์แบบแทรกสอดเสียงที่เกิดจากความถี่ที่เพียง 1-2 ความถี่เท่านั้น จึงนับว่าเป็นวิธีการใหม่ที่ยังไม่มีใครทำมาก่อน เพื่อเหนี่ยวนำให้คลื่นสมองของผู้รับการบำบัดเปลี่ยนแปลงไปสู่คลื่นสมองระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนดซึ่งจะเห็นได้จากการใช้ EEG เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดและแสดงคลื่นอัลฟา เมื่อได้ฟังเสียงดนตรีแบบ Binaural Beats ดังภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-23 EEG Tracing แสดงช่วง Alpha Brainwave หลังจากฟังดนตรีที่แทรกสอด Binaural Beats ที่ความถี่ 10 Hz (จักรกริช กล้าผจญ, 2554)

Caldwell and Riby (2007) ศึกษาการใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเกี่ยวกับการฟังดนตรี โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 8 คน คือ กลุ่มนักดนตรีที่ชอบดนตรีคลาสสิก กับกลุ่มนักดนตรีที่ชอบดนตรีร็อก แล้วให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มทำกิจกรรมออดบอล (Visual Oddball Paradigm) พร้อมกับฟังดนตรีคลาสสิก (Ludwig van Beethoven's 2<sup>nd</sup> Symphony) และดนตรีร็อก (For the Love of God) สลับกัน ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มนักดนตรีที่ชอบดนตรีคลาสสิกจะมียอดคลื่นลำดับที่สองค่าลบ (N1) ขนาดใหญ่ ซึ่งบ่งบอกถึงกระบวนการของการค้นหาสิ่งที่น่าสนใจ (Pre-Attentive Stage) มากกว่ากลุ่มนักดนตรีที่ฟังดนตรีร็อก

Särkämö et al. (2008) ได้ศึกษาผู้ป่วยที่เป็นโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งขาดเลือดไปเลี้ยงบริเวณมิดเดิล ซีรีบรอล อาร์เตอรีอย่างเฉียบพลัน (Acute Ischemic Middle Cerebral Artery Stroke) จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ฟังดนตรีที่ชอบและกลุ่มที่ฟังเรื่องเล่าจากหนังสือ โดยกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มนี้ต้องฟังดนตรีหรือเรื่องเล่าจากหนังสือทุกวัน ๆ ละ อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 เดือน แล้วเปรียบเทียบความสามารถทางสมองก่อนทำการทดลอง หลังทำการทดลอง 3 เดือน และ 6 เดือน ปรากฏว่า กลุ่มที่ฟังดนตรีที่ชอบมีความจำ



เกี่ยวกับภาษา (Verbal Memory) ความจำระยะสั้นและความจำขณะคิด (Short-Term and WM) ภาษา (Language) กระบวนการทางสมองที่เกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ (Visuospatial Cognition) กระบวนการทางสมองที่เกี่ยวข้องกับดนตรี (Music Cognition) การบริหารจัดการของสมองขั้นสูง (Executive Function) การให้ความสนใจกับข้อมูลเพียงข้อมูลเดียว (Focused Attention) และการคงความสนใจของข้อมูล (Sustained Attention) แตกต่างจากกลุ่มที่ฟังเรื่องเล่าและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าหลังทำการทดลอง 3 เดือน และ 6 เดือน ความจำเกี่ยวกับภาษาและการให้ความสนใจกับข้อมูลเพียงข้อมูลเดียว (Focused Attention) ของกลุ่มที่ฟังดนตรีที่ชอบจะดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฟังเรื่องเล่าจากหนังสือ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Meng et al. (2009) ได้ทดลองในหนูเพศผู้ จำนวน 40 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 ตัว คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองให้ฟังดนตรีของโมซาร์ท (K 448) เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 22:00-06:00 น. ติดต่อกัน 30 วัน ใช้ความดังเท่ากับ 50-60 เดซิเบล ในวันที่ 31 จะนำหนูจากทั้งสองกลุ่ม ๆ ละ 5 ตัว มาตัดหัวและนำสมองส่วนโพร์เบรน (Forebrain) และฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) แข่งขันไว้ เพื่อใช้วิเคราะห์ แล้วให้หนูที่เหลือกลุ่มละ 15 ตัว ทำกิจกรรมหาแผ่นไม้ที่ถูกซ่อน (Hidden Platform Water Maze Task) ปรากฏว่า หนูที่ฟังดนตรีของโมซาร์ทจะเรียนรู้ได้เร็วกว่าหนูในกลุ่มควบคุม และมีการพบยีนส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของไอออน (Ion Channel Activity) หรือการถ่ายทอดสัญญาณศัณย์ทำงานผ่านจุดเชื่อมต่อสัญญาณ (Synaptic Transmission) การพัฒนาไซโทสเกเลตอน (Cytoskeleton Development) และการควบคุมการหลั่งฮอร์โมน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่ของสารสื่อประสาท เช่น โดปามีน อะเซทิลโคลีนและกาบาที่มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้และความจำ

ผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การนำดนตรีไปใช้เพื่อพัฒนาความสามารถของสมองมีการศึกษาทั้งในคนและสัตว์ทดลอง โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลองตัวแปรจัดกระทำ ส่วนใหญ่เป็นการฟังดนตรีประเภทคลาสสิก ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ส่วนงานวิจัยที่มีตัวแปรจัดกระทำด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น ฟังดนตรีที่ชอบ ฟีกเล่นเปียโน ยังมีจำนวนน้อยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในคนมีทุกวัยตั้งแต่วัยเด็กผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ ส่วนในสัตว์ทดลองจะศึกษาในหนู ผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า ความสามารถทางสมอง เช่น ความจำ ความใส่ใจ (Attention) หลังฟังดนตรีดีขึ้น ส่วนการศึกษาในสัตว์ทดลองก็สนับสนุนว่าการฟังดนตรีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับความจำ แต่ยังไม่พบการศึกษาการฟังดนตรีที่ชอบโดยรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

## ตอนที่ 4 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

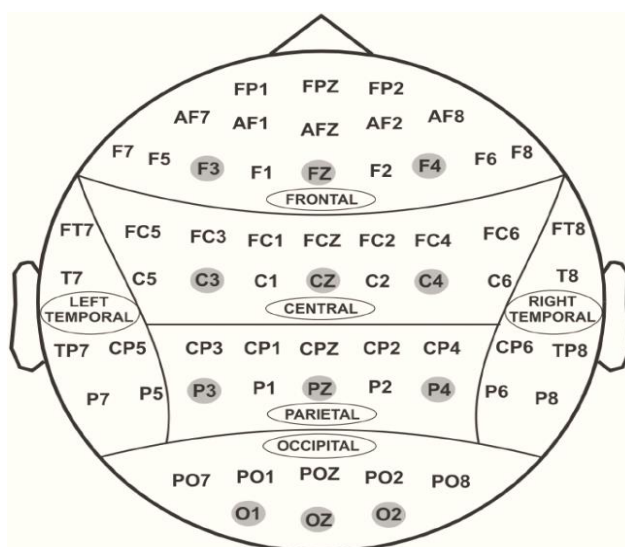
### การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง

เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองมีชื่อว่า Electroencephalography หรือ เรียกว่า E.E.G การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถวัดกระแสไฟฟ้าบริเวณหนังศีรษะ เปลือกสมองหรือวัดกระแสไฟฟ้าจากส่วนลึกของสมอง การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยใช้ขั้วไฟฟ้าติดที่หนังศีรษะวางที่ส่วนต่าง ๆ ของกะโหลกศีรษะ เพื่อบันทึกศักย์ไฟฟ้าของสมองส่วนหนึ่งส่วนใดตามตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าที่วางอยู่ วิธีนี้ใช้ตรวจกันเป็นประจำในทางประสาทวิทยา นอกจากนั้น ยังสามารถตรวจวัดไฟฟ้าของเปลือกสมอง (Cerebral Cortex) โดยวางขั้วไฟฟ้าที่ได้ดัดแปลงทำขึ้นโดยเฉพาะบนเปลือกสมองที่ได้

เปิดกะโหลกศีรษะออกระหว่างผ่าตัด เครื่องมือที่ใช้บันทึกนี้สามารถใช้เครื่องเดียวกับเครื่องตรวจคลื่นสมองที่ใช้ทั่ว ๆ ไป การบันทึกไฟฟ้าจากสมอง โดยเฉพาะจากส่วนลึกของสมอง โดยการสอดใส่ขั้วไฟฟ้าที่มีปลายเล็กมาก เรียกว่า ไมโครอิเล็กโทรด (Microelectrode) เข้าไปในสมองส่วนหนึ่งส่วนใด สามารถตรวจวัดและเก็บไฟฟ้าจากเซลล์ประสาทกลุ่มหนึ่งกลุ่มใด หรือแม้แต่เซลล์ใดก็ได้ การบันทึกวิธีนี้ต้องใช้เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีวงจรพิเศษไม่สามารถใช้เครื่องตรวจคลื่นสมองทั่ว ๆ ไปได้ (มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์, 2549, หน้า 448)

การจัดเก็บสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองมีขั้นตอนดังนี้ (Niedermeyer & da Silva, 2005, pp. 139-150)

1. ขั้นตอนการจัดเก็บสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองขั้นตอนแรกคือ ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าขั้ววัดสัญญาณตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณหนึ่งศีรษะของผู้ถูกทดลอง ขั้ววัดดังกล่าวจะมีหลายแบบ ทั้งแบบที่เป็นแผ่นแปะ (Plate) และแบบหวมกครอบศีรษะ (Cap) แต่การศึกษานั้นใช้แบบหวมกซึ่งมีขั้ววัดหลาย ๆ อันอยู่ภายในหวมกทำให้วัดสัญญาณได้พร้อมกันหลายจุดสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากขั้ววัดจะมีขนาดแรงดันต่ำมากในระดับมิลลิโวลต์จึงต้องขยายสัญญาณก่อนด้วยเครื่องขยายเฉพาะที่เรียกว่าไบโอแอมพลิฟายเออร์ (Bio Amplifier) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณในย่านความถี่ต่าง ๆ เช่น คลื่นไฟฟ้าสมอง จากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยเครื่องดิจิทัลไลเซอร์ (Digitizer) และสัญญาณดิจิทัลจะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้งานต่อไป การส่งสัญญาณดิจิทัลระหว่างดิจิทัลไลเซอร์และคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องมีวงจรไฟฟ้าแยกจากกันเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ไหลย้อนกลับมายังขั้ววัด ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ซึ่งหลักการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองและตำแหน่งต่าง ๆ ในสมอง แสดงได้ดังภาพที่ 2-24



ภาพที่ 2-24 ตำแหน่งการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Jenkins, Brown, & Rutterford, 2009)

2. รูปแบบของการวัดด้วยขั้ววัดโดยทั่วไป การใช้ขั้ววัด (Electrode Plate) เพื่อตรวจจับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองแบ่งได้สองวิธี คือ 1) แบบฝังภายใน (Invasive) ใช้ในทางการแพทย์เป็นหลัก

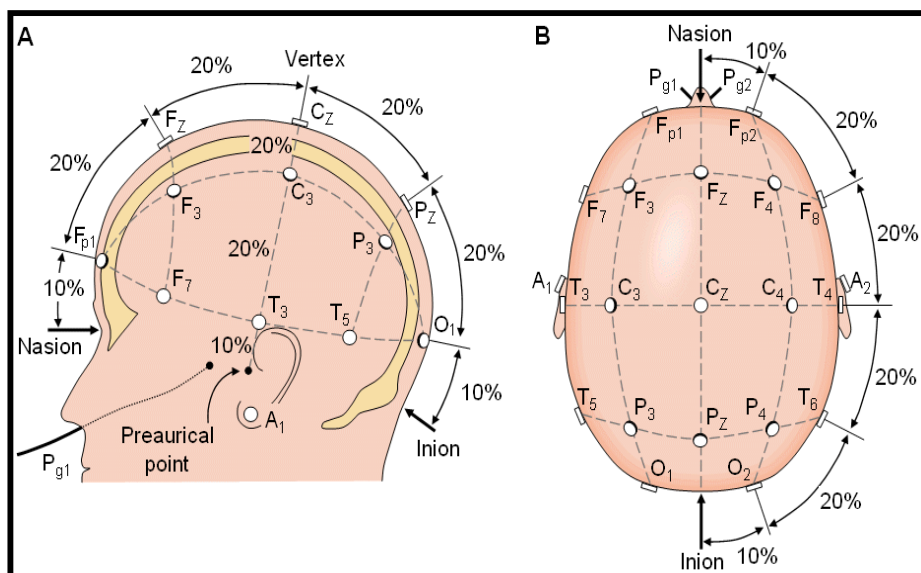
เพื่อใช้ตรวจสอบหาอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการทำงานของสมอง 2) แบบแปะภายนอก (NonInvasive) สามารถทำได้ง่ายและไม่อันตราย ปัจจุบันขั้ววัดมีแบบที่เป็นหมวกครอบศีรษะซึ่งใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น การวิจัยนี้ใช้แบบหมวกครอบศีรษะเนื่องจากปลอดภัยและลดภาวะเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการผ่าตัดแก่ผู้ทดสอบ (Subject) ได้มากกว่า

3. ตำแหน่งของจุดที่วัดสัญญาณบนศีรษะเนื่องจากสมองแต่ละส่วนจะมีหน้าที่หรือความสัมพันธ์กับกิจกรรมของร่างกายแตกต่างกัน ดังนั้นหากเลือกตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมจะทำให้สัญญาณที่ได้อัปเดตประกอบที่ไม่ต้องการเยอะกว่าองค์ประกอบที่ต้องการ

4. ช่วงความถี่ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถวัดได้ เนื่องจากสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากขั้ววัดจะมีขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำมาก ก่อนที่จะนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลจะต้องผ่านการขยายโดยเครื่องขยายสัญญาณก่อน ถ้าเครื่องขยายออกแบบมาไม่ดีจะทำให้สูญเสียรายละเอียดของความถี่บางความถี่ได้ รวมทั้งอาจมีสัญญาณรบกวนแปลกปลอมแทรกเข้ามาในสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

5. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ขั้วตรวจวัดที่ไม่มีประสิทธิภาพและการไม่ได้ทำความสะอาดหนังศีรษะก่อนแปะขั้ววัด ในกรณีที่ใช้ขั้ววัดแบบพาสซีฟ (Passive) ซึ่งเป็นขั้ววัดที่ไม่มีวงจรขยายสัญญาณในตัวเองสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวบั่นทอนคุณภาพของสัญญาณที่วัดได้บางส่วน

การวางขั้ววัดไฟฟ้าตามระบบ 10-20 เป็นวิธีการวางขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานของอเมริกัน (American EEG Society) หลักการวางคือ ใช้ระยะระหว่างตำแหน่งบนกระดูก (Bony Landmarks) เพื่อสร้างเป็นตารางที่มีการตัดกันที่ 10-20% ของระยะแต่ละเส้นที่วัดเพื่อวางขั้วไฟฟ้าตามตำแหน่งนั้นๆ ตามมาตรฐานในการกำหนดตำแหน่งการวัดสัญญาณ (The Ten-Twenty System, The International 10-20 System of Electrode Placement) เป็นวิธีปฏิบัติการเพื่อหาตำแหน่งวางขั้ววัดไฟฟ้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยการวัดศีรษะแล้วแบ่งส่วนออกเป็น 10% และ 20% (ระยะที่วัดได้แต่ละเส้นคิดเป็น 100%) ตัวเลข 10-20 หมายถึงตำแหน่งวางขั้ววัดแต่ละจุดถูกกำหนดให้วางอยู่บนจุดแบ่งตัดกันที่ 10% หรือ 20% ของเส้นที่วัดระยะทางแต่ละเส้นบนศีรษะ ดังแสดงในภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 ระบบ 10-20 System ที่มา: <http://www.diytdcs.com/tag/1020-positioning/>

จากภาพที่ 2-25 ระบบ 10-20 System ขั้ววัดจะวางอยู่ตำแหน่งตัดกันที่ 10% และ 20% ของระยะทางที่แบ่งบนเส้นวัดศีรษะแต่ละเส้น

6. อัตราความถี่สุ่ม (Sampling Rate) ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัล (Digitize) ถ้าหากใช้ความถี่สุ่มต่ำไปจะทำให้สูญเสียรายละเอียดของสัญญาณที่ความถี่สูง ๆ ได้ เนื่องจากย่านความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้จะอยู่ในช่วง 0-100 เฮิร์ตซ์เท่านั้น

โดยปกติสิ่งที่มีชีวิตทั้งหลายจะต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เซลล์ของระบบกล้ามเนื้อระบบหัวใจและระบบประสาทจะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ทำงาน ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างบริเวณที่ทำงานและบริเวณที่ไม่ได้ทำงาน ในขณะที่มีชีวิตอยู่สมองจะต้องทำงานอยู่เสมอโดยที่เราอาจจะรู้ตัวหรือไม่รู้ตัว ดังนั้นคนที่มีชีวิตจึงมีกระแสไฟฟ้าจากสมองจำนวนน้อย ๆ ที่วัดได้ตลอดเวลา การวัดกระแสไฟฟ้าในสมองของคนจะวัดได้จากการวางขั้วไฟฟ้าไปบนหนังศีรษะเรียกว่าอีอีจี (Electroencephalograph: EEG) ถ้าใช้ขั้วไฟฟ้าเสียบไปที่ผิวของโดยตรงเรียกอีซีอีจี (Electrocorticograph: ECOG) ทั้งอีอีจี (EEG) และอีซีอีจี (ECOG) จะมีความถี่เหมือนกันแต่ความแรงของ EEG จะน้อยกว่า ECOG เนื่องจากกระแสไฟฟ้าลดน้อยลงเมื่อผ่านกะโหลกศีรษะและหนังศีรษะ การเกิดกระแสไฟฟ้าในเซลล์ประสาทเริ่มต้นจากการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านผนังเซลล์เมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นโซเดียม (Sodium) จะเข้าสู่เซลล์ประสาทและโพแทสเซียม (Potassium) จะถูกขับออกนอกเซลล์ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ที่สามารถวัดได้ ต่อมาจะกลับคืนสู่ปกติดังเดิม การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ต้องอาศัยพลังงานจากสารเคมีกลุ่มที่มีฟอสเฟตพลังงานสูงเรียกว่าอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate: ATP) ช่วยในการทำงานของสารสื่อประสาท เมื่อเซลล์ประสาทส่วนหนึ่งได้รับการกระตุ้นจะปลดปล่อยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าให้เดินไปตามใยประสาท (Nerve Fiber) ที่เชื่อม

ระหว่างเซลล์ประสาท กระแสไฟฟ้าปริมาณน้อย ๆ ที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นเซลล์ประสาทเซลล์ต่อไป ให้ปล่อยประจุ หรืออาจตรวจพบเป็นคลื่นไฟฟ้าผิดปกติ พบได้ในบริเวณที่มีไฟฟ้าต่อไปเป็นทอด ๆ สัญญาณไฟฟ้านี้เรียกว่า คลื่นไฟฟ้าสมองมีลักษณะเคลื่อนไหวขึ้นและลงเหมือนคลื่นทั่วไปใช้หน่วยการวัดเป็นรอบต่อวินาทีความถี่และความแรงของคลื่นไฟฟ้าของระบบประสาทที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับผลรวมของเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสรีรวิทยาของคลื่นไฟฟ้าสมองจะมีความแตกต่างในแต่ละบุคคลแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น อายุ การนอน ประเภทของคลื่นไฟฟ้าสมอง จำแนกตามความถี่ของคลื่นได้ดังนี้ (มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์, 2549)

1. คลื่นเดลต้า (Delta) คลื่นชนิดความถี่น้อยกว่า 4 เฮิร์ตซ์ (Hz) ไม่พบในคนปกติที่ตื่นอยู่ แต่พบในคนนอนหลับปกติ
2. คลื่นเธต้า (Theta) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 4-7.9 เฮิร์ตซ์ (Hz) ปกติพบได้ในเด็กทุกช่วงอายุขณะนอนหลับใหม่ ๆ ระหว่างมีสมาธิสะท้อนให้เห็นสภาพการตื่นตัวและการง่วงนอนพบได้ที่สมองซีกซ้ายมากกว่าซีกขวาส่วนขมับส่วนกลางส่วนพาริเอทัล
3. คลื่นอัลฟา (Alpha) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 8-13 เฮิร์ตซ์ (Hz) ตำแหน่งที่พบคลื่นอัลฟาได้เด่นชัด คือ สมองส่วนหลังส่วนพาริเอทัลและส่วนขมับด้านหลัง (Posterior Temporal) ใช้ตรวจได้ในผู้ที่ปล่อยตัวตามสบายพบมากเมื่อหลับตาโดยไม่ได้อะไรในบริเวณหลังของสมอง (สมองส่วนหน้า) คลื่นอัลฟาจะหายไปเมื่อลืมตาหรือใช้สมาธิ
4. คลื่นเบต้า (Beta) เป็นคลื่นชนิดความถี่ 14-30 เฮิร์ตซ์ (Hz) มีความแรงต่ำมากจนบางครั้งไม่สามารถวัดได้ คลื่นเบต้าจะเพิ่มให้เห็นเด่นชัดขึ้นในขณะลืมตา ตัดสินใจและการประมวลผลข้อมูลจะปรากฏที่สมองส่วนหน้าและส่วนกลาง
5. คลื่นแกมมา (Gamma) ช่วงความถี่ตั้งแต่ 30 เฮิร์ตซ์ (Hz) ขึ้นไปอาจถึง 45 เฮิร์ตซ์ (Hz) ใช้ยืนยันผู้ที่มีโรคเกี่ยวกับสมอง

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองถูกนำไปประยุกต์ใช้งานวิจัยมีดังนี้ (Thompson, Steffert, Ros, Leach, & Gruzelier, 2008)

1. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองก่อน-หลังเพื่อทำนายการกระทำที่ดีที่สุด ใน 2 แนวทาง คือ ความแตกต่างของการกระทำระหว่างผู้ที่มีประสบการณ์กับผู้ที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างการประสบความสำเร็จกับการไม่ประสบความสำเร็จ เช่น Lagopoulos et al. (2009) ได้ศึกษาการเพิ่มขึ้นของคลื่นเธต้าและอัลฟาระหว่างการฝึกสมาธิทางอ้อมในกลุ่มที่ทำสมาธิเป็นประจำจำนวน 13 คน ปรากฏว่า เธต้าพาวเวอร์เพิ่มขึ้นในช่วงของการมีสมาธิในสมองทุกส่วนโดยคลื่นเธต้าในสมองส่วนหน้าส่วนขมับ-ส่วนกลางเพิ่มขึ้นมากกว่าสมองส่วนหลัง (Lagopoulos et al., 2009) Tei et al. (2009) ศึกษาภาพหลังการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพักของผู้ที่ทำสมาธิโดยการฝึกจิ้งและผู้ที่ไม่ฝึกทำสมาธิกลุ่มละ 10 คนโดยกลุ่มควบคุมเป็นผู้ที่ไม่เคยฝึกทำสมาธิมาก่อน พบว่า การกระตุ้นสมองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันโดยสมองหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาและการรวมข้อมูลความรู้สึจากภายในและภายนอกของกลุ่มทดลองที่มีการกระตุ้นเพิ่มขึ้นพบคลื่นเดลต้ามากบนพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ และสมองส่วนคอร์เทกซ์ด้านหน้า (BA 32) แต่พบน้อยในบริเวณที่เป็นส่วนรับรู้การเคลื่อนไหว (Motor) และการสัมผัส (Somatosensory Association Cortices: BA 4 6 7) การมองเห็น (Visual Association Cortex:

BA18 19) เลฟ เทมโปโร พาโรเอทัล จังก์ชัน (Left Temporo-Parietal Junction: BA22 39 40) เลฟพรีคูเนียส (Left Precuneus: BA31) ไบแลเตอร์ัล ฟูซิฟอร์ม ไจรัส (Bilateral Fusiform Gyrus) และไรท์ พาราฮิปโปแคมพล ไจรัส (Right Parahippocampal Gyrus)

2. การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะจินตนาการการเคลื่อนไหว เนื่องจากไม่สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองในขณะที่เคลื่อนไหวจริงได้ เช่น Babiloni et al. (2008) ได้ศึกษาการทำนายผลการตีกอล์ฟด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัสในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกอล์ฟ โดยให้ยืนตีกอล์ฟบนแท่นที่เตรียมไว้ในสนามหญ้า ตีกอล์ฟ 100 ลูก วัดการลดลงของคลื่นอัลฟาและเบต้าระหว่างการตีกอล์ฟและก่อนตีกอล์ฟ ปรากฏว่า การตีกอล์ฟได้มีแอมพลิจูดของคลื่นอัลฟาต่ำกว่าการตีกอล์ฟไม่ได้ในบริเวณสมองส่วนหน้าและในบริเวณสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัสของมือและแขนข้างขวา ค่าพาวเวอร์ของคลื่นอัลฟาตกลง (Babiloni et al., 2008)

3. การศึกษาความบกพร่องในการทำงานของเปลือกสมองภายใต้การกระตุ้นโดยใช้เงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เช่น ศึกษาการเดินละเมอเรื้อรังของผู้ใหญ่โดยการตรวจการนอนหลับ (Polysomnography) ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใหญ่อายุ 50 ปีที่เดินละเมอ การประเมินทางคลินิกแบบสอบถามผู้ป่วยและคู่นอน การตรวจการนอนหลับเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่า ความวิตกกังวล ความเครียดและอื่น ๆ มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของการนอนหลับ (Sleep Disorders) การเดินละเมอที่เกิดจากความผิดปกติจากโรคทางจิตเวชรักษาด้วยยา ส่วนความผิดปกติของการนอนหลับอื่น ๆ รักษาตามอาการเท่านั้น (Guilleminault et al., 2005)

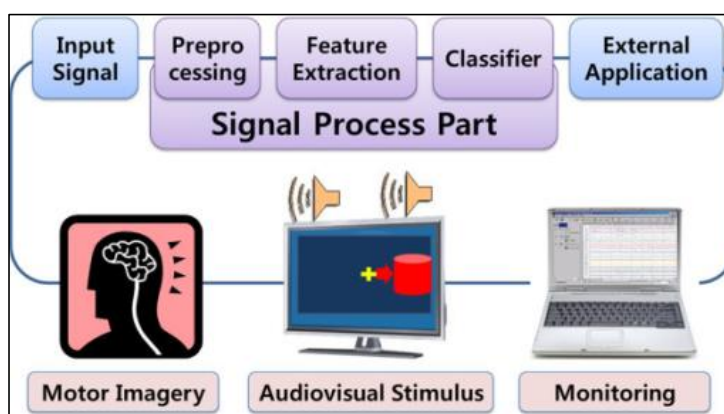
หลักการและวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

คลื่นสมอง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งได้มาจากการส่งสัญญาณเคมีทางชีวภาพในร่างกายมนุษย์ การวัดพลังงานไฟฟ้าบริเวณสมองด้วยเครื่องมือ Electroencephalogram (EEG) ทำให้นักวิจัยทางประสาทวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้มีการทดลองและตรวจวัดคลื่นสมองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มนุษย์สามารถควบคุมคลื่นสมองและสารที่หลั่งจากสมองได้ หากมีการฝึกฝนทางจิต ให้ควบคุมสภาวะอารมณ์และจิตใจได้ ทำให้พบความจริงว่า การเลือกตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกมีผลโดยตรงต่อสภาวะภายในที่เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองหลัก การบันทึกการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าของสมองและตำแหน่งต่าง ๆ ในสมอง

การบันทึกด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrical Recording)

ขั้นตอนการจัดเก็บสัญญาณ EEG ขั้นตอนแรกคือ ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าขั้ววัดสัญญาณ (Electrode) ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณหนังศีรษะของผู้ใช้ทดลอง ขั้ววัดดังกล่าวจะมีหลายแบบทั้งแบบที่เป็นแผ่นแปะ (Plate) และแบบหวมกครอบศีรษะ (Cap) ที่แสดงในภาพที่ 2-26 จะเป็นแบบหวมกซึ่งมีขั้ววัดหลาย ๆ อันอยู่ภายในหวมกทำให้วัดสัญญาณได้พร้อมกันหลายจุดสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากขั้ววัดจะมีขนาดแรงดันต่ำมากในระดับมิลลิโวลต์ (mV) จึงต้องขยายสัญญาณก่อนด้วยเครื่องขยายเฉพาะที่เรียกว่าไบโอแอมพลิฟายเออร์ (Bio Amplifier) ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนที่ดีและขยายสัญญาณในย่านความถี่ต่าง ๆ เช่น คลื่นไฟฟ้าสมอง จากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยเครื่องดิจิทัลไอเซอร์ (Digitizer) และสัญญาณดิจิทัลจะถูกบันทึกไว้โดยคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้งานต่อไปการส่งสัญญาณดิจิทัลระหว่างดิจิทัลไอเซอร์และคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องทำให้มีวงจรไฟฟ้าแยกจากกันเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ไหลย้อนกลับมายัง

ชั่วคราวซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ซึ่งการแยกวงจรไฟฟ้าออกจากกันอาจทำได้โดยใช้สื่อนำแสง แทนสื่อนำไฟฟ้า โดยทำการแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นแสงก่อนส่งและแสงจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าทางด้านตัวรับ



ภาพที่ 2-26 Block Diagram of EEG (Choi, Ryu, Lee, & Lee, 2011)

คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) มักเรียกย่อว่า คลื่นสมองหรือ EEG ซึ่งเป็นการบันทึกผลรวมของศักย์ไฟฟ้านอกเซลล์ของกลุ่มนิวรอนในสมองที่อยู่ใต้บริเวณอิเล็กโทรด (ขั้วไฟฟ้า) บันทึกสัญญาณที่บันทึกได้เป็นสัญญาณเดียวกับของ Electrocorticogram (ECOG) เพียงแต่ EEG ขนาดเล็กกว่าและมีความถี่ต่ำกว่าเพราะเป็นการบันทึกที่ไกลออกจากแหล่งกำเนิด และเป็นการบันทึกผ่านชั้นกะโหลกศีรษะและหนังศีรษะ ซึ่งเป็นผลรวมการทำงานของกลุ่มนิวรอน ปกติจะวางขั้วไฟฟ้าเป็นคู่ที่บริเวณ Frontal Parietal Occipital และ Temporal Lobe ทั้งสองซีกสมอง ความถี่ที่บันทึกได้จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-50 Hz (ปกติ 1-30 Hz) มีความสูงคลื่นขนาด 10-100  $\mu\text{v}$  ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 10-50  $\mu\text{v}$  แม้ว่าความถี่ค่อนข้างซับซ้อนและขนาดเปลี่ยนแปลงมากขึ้นในเวลาช่วงสั้น ๆ (สุพรพิมพ์ เจียสกุล, 2548)

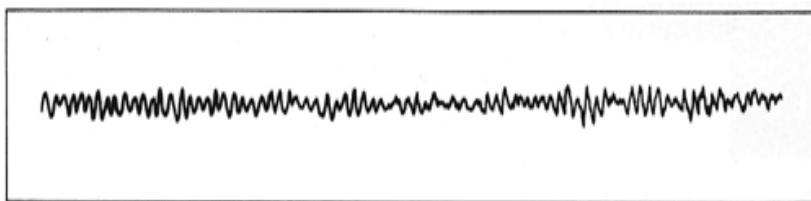
ขณะที่ขั้วไฟฟ้าของ EEG ได้รับข้อมูลการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าจากประสาทสัญญาณไฟฟ้า จะถูกแปลงโดย EEG และทำการบันทึกข้อมูลลงบนตารางที่เป็นแผ่นขนาดยาวและเล็ก หรือบันทึกลงบนแผ่น Computer Disk ลักษณะของข้อมูลจะเป็นเส้นที่เคลื่อนไหวลักษณะแบบนี้เรียกว่า คลื่นสมอง (Brain Wave) คุณลักษณะของคลื่นสมองมีความเกี่ยวข้องกับสภาวะการมีสติ เริ่มตั้งแต่ขณะตกใจสูงสุดไปจนถึงขณะหลับลึก นักจิตบำบัดและนักวิจัยสามารถอ่านข้อมูลการจดบันทึกของ EEG ได้ เพื่อนำมาสรุปว่าการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้านั้นกำลังบอกข้อมูลระดับใดในสมอง และใช้ในการวินิจฉัยโรคและความผิดปกติอื่น ๆ

สภาวะของการรับรู้ในความคิด ความรู้สึก ความเข้าใจ ความฝัน และการมีเหตุมีผล ซึ่งสภาวะการมีสติของแต่ละบุคคลนั้นไม่ว่าจะอยู่ในช่วงระหว่างที่รู้สึกตัว หลับหรือครึ่งหลับครึ่งตื่น สามารถวัดได้ 2 ลักษณะ คือ

1. การสังเกตที่พฤติกรรม การควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่การใช้สมาธิในการควบคุมได้ สูงสุดไปจนถึงสภาวะที่ไม่รู้สึกตัว

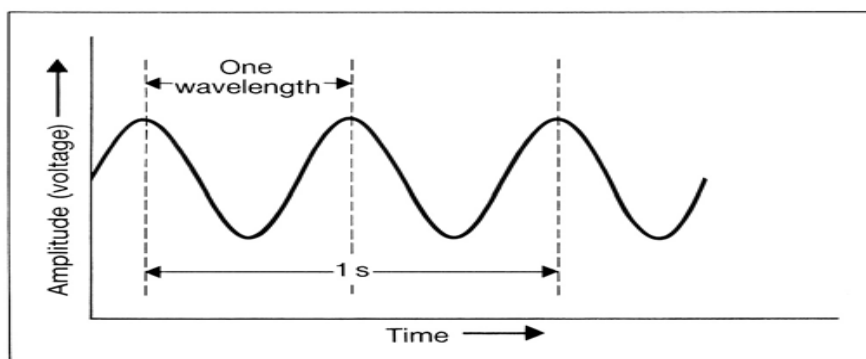
2. การวัดด้วยเครื่อง Electroencephalogram (EEG) เป็นการบันทึกระบบการเคลื่อนไหวของสมองโดยใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นการแสดงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 2 จุดบริเวณหนังศีรษะ มีรายละเอียดดังนี้

เมื่อประสาทตื่นตัวมีการเคลื่อนไหว ซึ่งจะแสดงออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า การเคลื่อนไหวทางไฟฟ้านั้นต่อมาจากเส้นประสาทในสมอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถทำการบันทึกได้ในบริเวณที่ใกล้กับผิวหนังนอกของศีรษะ ขั้วไฟฟ้าที่มีสายไฟต่อเป็นวงจรไฟฟ้าติดอยู่ที่ศีรษะ โดยมีแก้วผสมตะกั่วกับเกลือที่เป็นสื่อทางไฟฟ้า การทำงานจะเริ่มขึ้นเมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากศีรษะแล้วส่งคลื่นไปยังตัวเครื่อง ซึ่ง EEG จะทำการเปลี่ยนสภาพคลื่นทันที ด้วยเหตุนี้ระบบ EEG จะแสดงผลการผันแปรกระแสไฟฟ้าของประสาทไว้ล่วงหน้าก่อนทำการบันทึกตัวอย่างการทำงานของระบบ EEG ที่แสดงเป็นลักษณะคลื่น (ดังภาพที่ 2-27) ถึงแม้ว่าจะแสดงเพียง 1 คลื่นแต่สามารถอธิบายได้ 2 ทางด้วยกัน คือ



ภาพที่ 2-27 ระบบ EEG ที่เป็นลักษณะคลื่น ที่มา: <http://www.snipview.com/q/EEG/wave>

1. ความกว้างของคลื่น (Amplitude) หมายความว่า มีการบันทึกการเคลื่อนไหวทางไฟฟ้าในขณะนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำของแรงดันไฟฟ้า เพราะฉะนั้นการขยายกว้างของคลื่นจึงแคบมากเทียบเป็น Microvolts ดังภาพที่ 2-28 เป็นแนวขยายกว้างออกของคลื่นตั้งแต่ 0.5 จนถึง 100 mV ซึ่ง EEG สามารถบันทึกความกว้างของคลื่นได้ประมาณ 100 ครั้ง น้อยกว่า Electrocardiogram (EKG) ที่บันทึกได้ประมาณ 1,000 ครั้ง



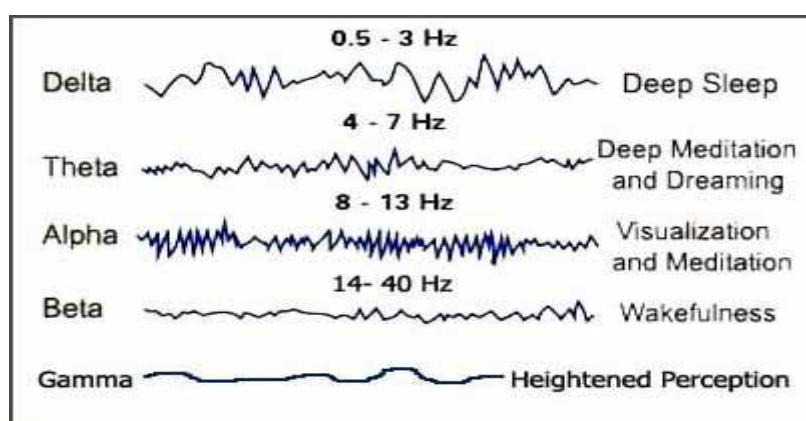
ภาพที่ 2-28 แรงดันไฟฟ้า (ความกว้าง) และความถี่ของคลื่น

ที่มา: <http://www.snipview.com/q/EEG/wave>



2. ความถี่ของคลื่น (Frequency) หมายความว่า รอบการหมุนของคลื่นตั้งแต่เริ่มขยายกว้างออกจนคลื่นกลับอยู่ในระดับสูงสุดจนถึงน้อยที่สุด ซึ่งความถี่จะวัดเป็น เฮิรตซ์ โดยรอบการหมุนในครั้งที่ 2 อาจจะมีแปรจาก 1 ถึง 30 Hz

การเปลี่ยนแปลงของคลื่นที่วัดจาก EEG มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมระบบ EEG จะอธิบายใน 2 ส่วน ซึ่งในคลื่นความถี่ที่พบในระบบ EEG มี 4 คลื่นหลัก ๆ ด้วยกัน ดังภาพที่ 2-29 โดยทั่ว ๆ ไปคลื่นความถี่ต่ำแสดงการตอบรับทางพฤติกรรมที่ระดับต่ำ เช่น ขณะนอนหลับ และถ้าคลื่นความถี่สูงจะเกิดขึ้นขณะที่กำลังตื่น



ภาพที่ 2-29 คลื่นไฟฟ้าสมอง 4 ลักษณะที่พบในระบบ EEG

ที่มา: <https://www.google.co.th/search?q=brainwave&biw>

ธรรมชาติของคลื่นหรือจังหวะนั้นไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความคิดในขณะนั้น ๆ กลุ่มของเส้นประสาทใน Thalamus ซึ่งเป็นตัวกำเนิดจังหวะที่ทำให้เปลี่ยนไปมาในเนื้อเยื่อประสาทจาก Thalamus ไปยัง Cortex ลักษณะคลื่นสมองในรูปแบบต่าง ๆ มีดังนี้ (มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์, 2549)

1. มากกว่า 13 ครั้งต่อวินาที เรียกว่า คลื่นเบต้า (Beta) พบได้ในคนที่ตื่นตัว ไม่มีสมาธิ มีความเครียด
2. ระหว่าง 8-13 ครั้งต่อวินาที เรียกว่า คลื่นอัลฟา (Alpha) เป็นคลื่นที่เหมาะสมแก่การทำกิจกรรมธรรมดาอย่างอ่านหนังสือ การผ่อนคลาย เชื่อว่าคลื่นสมองในช่วงคลื่นความถี่นี้จะมีความสามารถในการรับรู้สูง
3. ระหว่าง 4-7 ครั้งต่อวินาที เรียกว่า คลื่นเธต้า (Theta) เป็นคลื่นที่พบได้ในคนที่กำลังเคลิ้มหลับ อาจเป็นลักษณะที่เข้าสมาธิลึก มีความรู้ตัวน้อยกว่าปกติ
4. น้อยกว่า 4 ครั้งต่อวินาที เรียกว่า คลื่นเดลต้า (Delta) พบได้ในผู้ที่มีปัญหาสมองผู้ป่วย โคม่าผู้ป่วยสมองเสื่อม แต่บางครั้งก็พบได้ในผู้ที่ฝึกสมาธิระดับลึกมาก

คลื่นอัลฟา (Alpha) ความถี่ประมาณ 8-13 เฮิรตซ์ สัญญาณนี้จะวัดได้ง่ายเมื่อหลับตาและทำจิตใจให้ผ่อนคลาย สัญญาณในช่วงความถี่นี้จะคล้ายกับสัญญาณอีอีจี (EEG) ประเภทหนึ่งที่เรียกว่า

มิวริทึม (Mu,  $\mu$ -rhythm) ซึ่งเป็นสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการสั่งการเคลื่อนไหวของมือและแขนจากสมองส่วนที่เรียกว่า มอเตอร์คอร์เทกซ์ (Motor Cortex) เมื่อสมองคิดอยากจะเคลื่อนไหวว่าจะทำให้สัญญาณนี้มีแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นและแรงดันจะลดลงเมื่อเกิดการเคลื่อนไหวไปแล้ว

คุณสมบัติของคลื่นอัลฟา (Alpha Wave) เป็นคลื่นสมองที่มีความถี่ 8-13 รอบ ต่อวินาที คลื่นสมองนี้เกี่ยวข้องกับสภาวะความเจ็บ สภาวะภายในจิต สภาวะอารมณ์สะท้อนกลับ ซึ่งภาวะนี้ อยู่ในภาวะที่มนุษย์เปิดใจที่จะตั้งใจทำอะไรต่าง ๆ ในภาพรวมของสิ่งนั้นไม่จำเพาะจุดใดจุดหนึ่ง ถ้าในสภาวะเบต้า เราไปก็สหรือกำหนดมองเห็นต้นไม้ แต่ถ้าเป็นในสภาวะอัลฟาเราจะกำหนดมองเห็นป่า ซึ่งเป็นที่รวมของต้นไม้มากมาย จากการรายงานผลการวิจัย Alpha Sleep Report พบว่า สภาวะนี้ อยู่ในสภาวะที่ไม่ใช่การนอนหลับและมีใช้สภาวะที่ตื่นตัว คือมันอยู่ในสภาวะกึ่งกลางของการหลับและการตื่น ภายใต้สภาวะการคิดคำนึงของจิตใจ ซึ่งอยู่ในภาวะที่มนุษย์มีความใส่ใจ มีความจดจ่อ มีสมาธิ ในการทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง คลื่นนี้จะทำให้ร่างกายและจิตใจสงบ มีการผ่อนคลาย ผักผ่อน ทำให้เกิดความจำระยะยาว เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็ว

เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG Apparatus)

เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ปัจจุบันมีสองลักษณะใหญ่ ๆ คือ เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองแบบดั้งเดิม (Conventional EEG) ที่ใช้ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองลงบนกระดาษบันทึกต่อเนื่องและเครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองชนิดใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บบันทึกสัญญาณและแสดงผล (Digital EEG) ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

องค์ประกอบหลักของเครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่

1. กล่องต่อขั้ววัดไฟฟ้า (Input Box, Electrode Board หรือ Head Box) เป็นกล่องที่ใช้ต่อเชื่อมขั้ววัดไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องมือตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เดิมออกแบบขั้วไฟฟ้าเป็นตัวเมีย ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นขั้วชนิดปลอดภัย ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าตัวเมียฝงลึกเพื่อไม่ให้สัมผัสได้ ขั้วเสียบมักเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือตารางที่มีชื่อในระบบ 10-20 ในกล่องอาจมีเครื่องวัด Impedance อยู่ด้วย สำหรับเครื่อง Digital EEG มักจะรวมตัวขยายสัญญาณและตัวแปลงสัญญาณ Analog to Digital ไว้ในกล่องนี้

2. ตัวเลือกช่องสัญญาณ (Input Selector Switches) เป็นสวิทช์ใช้เชื่อมสัญญาณจากกล่องต่อขั้ววัดเข้ากับเครื่องขยายสัญญาณแต่ละช่อง (Channel) โดยแต่ละช่องขยายสัญญาณจะมีขั้วสองขั้ว เรียกว่า Grid 1 และ Grid 2 ตัวช่องสัญญาณจะช่วยให้เราสามารถเลือกว่าจะใช้ขั้ววัดใดต่อเชื่อมเข้ากับ Grid 1 หรือ Grid 2 ของช่องสัญญาณใด ๆ ได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ยังมีตัวเลือกสัญญาณกลาง (Master Switch) ใช้เป็นตัวเชื่อมขั้วไฟฟ้าตามรูปแบบการแสดงผล Montage ที่ต้องการโดยหมุนหรือกดเพียงครั้งเดียว ส่วนในเครื่อง Digital ไม่มีตัวเลือกช่องสัญญาณ ใช้การเชื่อมสัญญาณแต่ละขั้ววัดเข้ากับ Grid 1 ของเครื่องขยายสัญญาณแต่ละช่องแล้วใช้การคำนวณด้วย Software ในการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลแทน

3. เครื่องกำเนิดสัญญาณมาตรฐาน (Calibration) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณเพื่อใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องขยายสัญญาณ เครื่องกรองสัญญาณและการแสดงผล โดยมีสัญญาณต่างชนิดต่างขนาดในการทดสอบ

4. เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifiers) ทำหน้าที่สองอย่าง คือ คัดเลือกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองออกจากสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง

5. เครื่องกรองสัญญาณ (Filters) ทำหน้าที่ลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ตรงกับที่ระบุไว้ลง เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยเฉลี่ยมีความถี่อยู่ในช่วง 1-30 Hz ยกเว้น Spike หรือ Sharp Wave จะมีความถี่สูงกว่า ความเข้าใจในเรื่องนี้จะช่วยอธิบายการเลือกใช้เครื่องกรองสัญญาณที่เหมาะสม เครื่องกรองสัญญาณสามารถสร้างด้วยการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อกรองสัญญาณจริง เรียกว่า Analog Filter ส่วนการสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อกรองสัญญาณที่ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ Digital แล้ว เรียกว่า Digital Filter

6. เครื่องแสดงผล (Pen Writing Unit) คือ เครื่องมือที่บันทึกสัญญาณลงบนกระดาษ บันทึกต่อเนื่องที่นิยมใช้กัน คือ Oscillographic Pen ซึ่งประกอบจากด้ามปากกายึดติดอยู่บนขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก (Galvanometer) ปากกาดังกล่าวมีขดลวดสปริงดึงปากกาให้กลับมาสู่จุดกึ่งกลาง เมื่อสัญญาณไฟฟ้าผ่านขดลวด ปากกาจะขยับขึ้นลงตามสัญญาณ ทำให้ปากกาที่มักมีท่อน้ำหมึกอยู่ที่ปลายปากกาเขียนคลื่นลงบนกระดาษบันทึกต่อเนื่องได้ นอกจาก Oscillographic Pen แล้วยังมีการใช้เครื่องอื่น เช่น กระดาษไวความร้อน (Thermal Paper) Injet Printer และแสดงผลเป็นแผ่นกระดาษพิมพ์ครั้งละแผ่นโดย Laser Printer เป็นต้น

7. การแปลงสัญญาณและการแสดงผลในเครื่อง Digital EEG (Analog to Digital Conversion) เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในปัจจุบันได้พัฒนาจากระบบดั้งเดิมมาเป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการบันทึกและแสดงผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ข้อแตกต่างที่สำคัญของ Digital EEG และเครื่อง EEG ดั้งเดิม (Analog EEG) คือ Digital EEG ใช้การบันทึกสัญญาณจากทุก ๆ ช่วงวัดไฟฟ้าพร้อมกัน โดยเทียบกับจุดอ้างอิงเดียวกัน แล้วจึงนำสัญญาณไปจัดรูปแบบการแสดงผล (Montage) ที่ต้องการในภายหลัง ดังนั้นจึงสามารถปรับขนาดการแสดงผล (Sensitivity) Montage Filters และนำไปวิเคราะห์ภายหลังได้สะดวก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการแปลงสัญญาณจาก Analog ไปเป็น Digital คือ

7.1 อัตราการวัดสัญญาณ (Sampling Rate) ต้องทำได้อย่างน้อยเป็นสองเท่าของความถี่สูงสุด จึงจะสามารถทำให้การแสดงผลคงสภาพรูปสัญญาณดั้งเดิมได้อย่างถูกต้อง ถ้าสัญญาณที่แสดงผลผิดเพี้ยนไป เช่น เป็นคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า Aliasing ในทำนองเดียวกันเมื่อ Sampling Rate สูงพอทำให้ได้สัญญาณที่ถูกต้อง ค่า Dwelltime ตามปกติ EEG จะถูกสุ่มที่ 200 Hz จะมี Dwelltime = 5ms

7.2 ความละเอียดของสัญญาณที่วัดได้แต่ละค่า (Bit Number) ในทางปฏิบัติกำหนดให้มีการสุ่มสัญญาณอย่างน้อย 2 ยกกำลัง 12 = 4096 ระดับ

7.3 ช่วงที่เหมาะสมของสัญญาณ เป็นช่วงของสัญญาณที่ขยายแล้วกับเรื่องแปลงสัญญาณ (Input Voltage Range) จะต้องไม่มีการสูญเสียของสัญญาณการแสดงผลของสัญญาณในเครื่อง Digital EEG ใช้การคำนวณเพื่อสร้างรูปคลื่นตามรูปแบบของการแสดงผลที่เราต้องการ (Montage Reformatting) เนื่องจาก Digital EEG เก็บสัญญาณในรูปแบบที่ให้ Grid ของทุกช่องขยายต่อเชื่อมกับขั้ววัดไฟฟ้าตำแหน่งเดียวกัน (Common Electrode Reference) ดังนั้น เราจึงสามารถแสดงผลตามรูปแบบที่ต้องการได้โดยไม่จำกัด

รูปแบบการแสดงผล (Montage)

การอ่านคลื่นไฟฟ้าสมองมีหลักการสำคัญ คือ การสร้างการแผ่กระจายของสัญญาณ

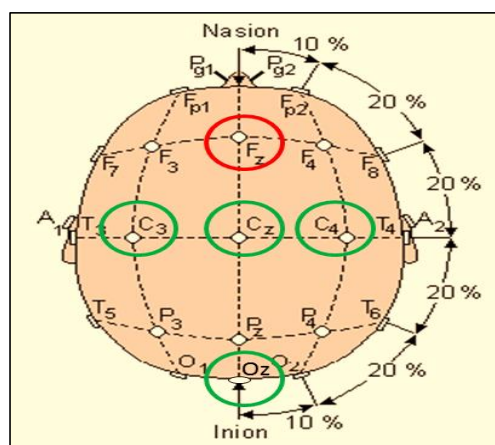
บนหนังศีรษะ (Distribution of The Electrical Signal Over The Scalp) เนื่องจากวิธีการวัด EEG นั้นเป็นการเปรียบเทียบ Grid 1 และ Grid 2 สัญญาณอาจเข้ามาได้ทั้งสองขั้ว ดังนั้น เราจึงอาศัยการจัดรูปแบบแสดงผลเพื่อนำข้อมูลจากคลื่นไฟฟ้าสมองหลาย ๆ ช่อง มาพิจารณาร่วมกัน เพื่อประมาณการแผ่กระจายของสัญญาณบนหนังศีรษะ ในทางปฏิบัติมีการจัด Montage เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Bipolar Montage สร้างโดยการต่อขั้ววัดไฟฟ้าบนหนังศีรษะจากจุดที่เป็น Active Point เข้ากับ Grid 1 และ Grid 2 ของแต่ละช่องขยายสัญญาณเรียงเป็นแนวหน้าไปหลัง (Longitudinal Bipolar Montage) เป็นแนวขวาง (Transverse Bipolar Montage) การจัดแบบแสดงผลวิธีนี้จะหักลบสัญญาณที่เหมือนกันในขั้ววัดไฟฟ้าข้างเคียง จึงสามารถแสดงสัญญาณจากค่าผลต่างของขั้ววัดไฟฟ้า ทำให้เห็นสัญญาณที่มีขนาดไม่ใหญ่มากกระจายออกมาเฉพาะที่ได้ดี จำเป็นต้องอ่านข้อมูลจากสองแนวเป็นอย่างน้อยเพื่อให้ได้ตำแหน่งแผ่กระจายคลื่นไฟฟ้าสมองที่แน่นอน

2. Reference Montage สามารถจัดได้หลายแบบ ในทางปฏิบัติจัดให้ Grid 2 ของทุกช่องขยายสัญญาณ (Channels) ต่อรวมกันที่ขั้ววัดไฟฟ้าเดียว (Common Electrode Reference Montage) ที่ตำแหน่งที่ไม่กระทบต่อสัญญาณที่จะทำการศึกษา เช่น ที่ดั้งหู คอ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะหาตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนโดยสมบูรณ์นั้นทำไม่ได้ การแสดงผลนี้ช่วยให้เห็นการเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดเป็นบริเวณกว้าง เด่นชัด ข้อควรระวัง คือ อาจมีสัญญาณเข้ามารบกวนที่คลื่น Reference ไปปรากฏทุกช่องสัญญาณ เรียกว่า Reference Contamination มีการดัดแปลงโดยนำขั้ววัดไฟฟ้าหลายขั้วรวมกัน เรียกว่า Average Reference Montage หรือ Weighted Reference Montage ด้วยการต่อความต้านทานสูง ๆ เข้าขั้ววัด Reference เป็นต้น

การจัดวางรูปแบบแสดงผล (Montage Design)

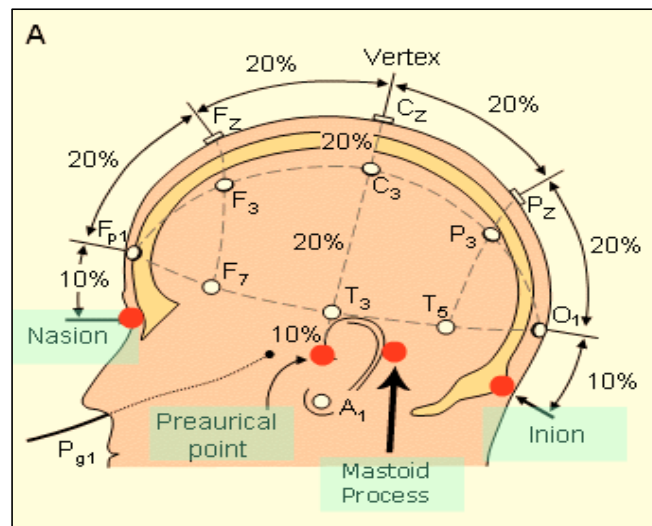
1. การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 2-30 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา

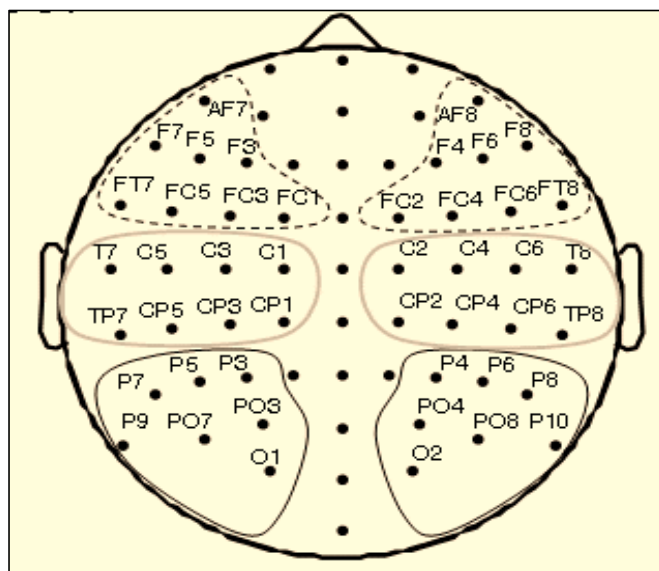
ที่มา: [http://eeghacker.blogspot.com/2013\\_10\\_01\\_archive.html](http://eeghacker.blogspot.com/2013_10_01_archive.html)

## 2. การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง



ภาพที่ 2-31 การจัดวางรูปแบบแสดงผลการจัดวางขั้ววัดไฟฟ้าจากหน้าไปหลัง  
ที่มา: [http://eeghacker.blogspot.com/2013\\_10\\_01\\_archive.html](http://eeghacker.blogspot.com/2013_10_01_archive.html)

## 3. การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดเรียงขั้ววัดไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค



ภาพที่ 2-32 การจัดวางรูปแบบแสดงผลแบบการจัดเรียงขั้ววัดไฟฟ้าให้เป็นไปตามกายวิภาค  
ที่มา: <http://www.jneurosci.org/content/suppl/2007/10/31/27.44.11986.DC1>

## 4. การวางขั้ววัดไฟฟ้าตามระบบ 10-20

เป็นวิธีการวางขั้วไฟฟ้าตามมาตรฐานของ American EEG Society หลักการวาง คือ ใช้ระยะระหว่างตำแหน่งบนกระดูก (Bony Landmarks) เพื่อสร้างเป็นตารางที่มีการตัดกันที่

10-20% ของระยะแต่ละเส้นที่วัด เพื่อวางขั้วไฟฟ้าตามตำแหน่งนั้น ๆ The Ten-Twenty System หรือ The International 10-20 System of Electrode Placement เป็นวิธีปฏิบัติการศึกษาตำแหน่งวางขั้ววัดไฟฟ้าตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยการวัดศีรษะ แล้วแบ่งส่วนออกเป็น 10% และ 20% (ระยะที่วัดได้แต่ละเส้นคิดเป็น 100%) ตัวเลข 10-20 หมายถึงตำแหน่งวางขั้ววัดแต่ละจุด ถูกกำหนดให้วางอยู่บนจุดแบ่งตัดกันที่ 10% หรือ 20% ของเส้นที่วัดระยะทางแต่ละเส้นบนศีรษะ ปฏิกริยาศักย์ไฟฟ้าสมองต่อคลื่น Binaural Beats ที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน

เมื่อสองเสียงที่มีความสอดคล้องกันที่มีความถี่ใกล้เคียงได้ส่งเข้าระบบการฟังของแต่ละหู ผ่านหูฟัง สมองจะนำสัญญาณเสียงทั้งสองผสมเข้าสู่กระบวนการฟังโดยการสร้างเสียงที่สามขึ้นมา เรียกว่า Binaural Beats แม้ว่าจะได้มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า Binaural Beats เป็นกลไกที่มีอิทธิพลในด้านพฤติกรรมและสติปัญญา ยังไม่มีการศึกษาไปถึง ในงานวิจัยนี้ใช้ Relative Power (RP), Phase Locking Value (PLV) and Cross-Mutual Information (CMI) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของ EEG ในช่วงเวลาที่ได้รับการกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats คลื่นสัญญาณ EEG ตรวจสอบจาก กลุ่มทดลองที่มีสุขภาพดี จำนวน 13 การทดลอง ใช้การฟัง Binaural Beats ที่มีความถี่แตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นเวลา 5 นาที คือ เดลต้า (1 เฮิร์ตซ์) เธต้า (5 เฮิร์ตซ์) อัลฟา (10 เฮิร์ตซ์) เบต้า (20 เฮิร์ตซ์) จากการวิจัยค่า RP เพิ่มขึ้น ในแถบคลื่นเธต้าและอัลฟา ส่วนแถบเบต้าลดลงในขณะที่มีการกระตุ้นเดลต้าและอัลฟา ผลกระทบของคลื่นสมองยังไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน การเชื่อมโยงคลื่นสมองตรวจวัดได้จากค่าความแปรปรวนของค่า RP ช่วงได้รับการกระตุ้นด้วย Binaural Beats งานวิจัยนี้สนับสนุนสมมติฐานว่า Binaural Beats สามารถทำให้เกิดการเชื่อมโยงและมีปฏิกริยากับระบบการทำงานของสมอง ที่ควรจะมีการวิจัยเพิ่มต่อไป (Gao, Cao, Ming, & Qi, 2014)

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

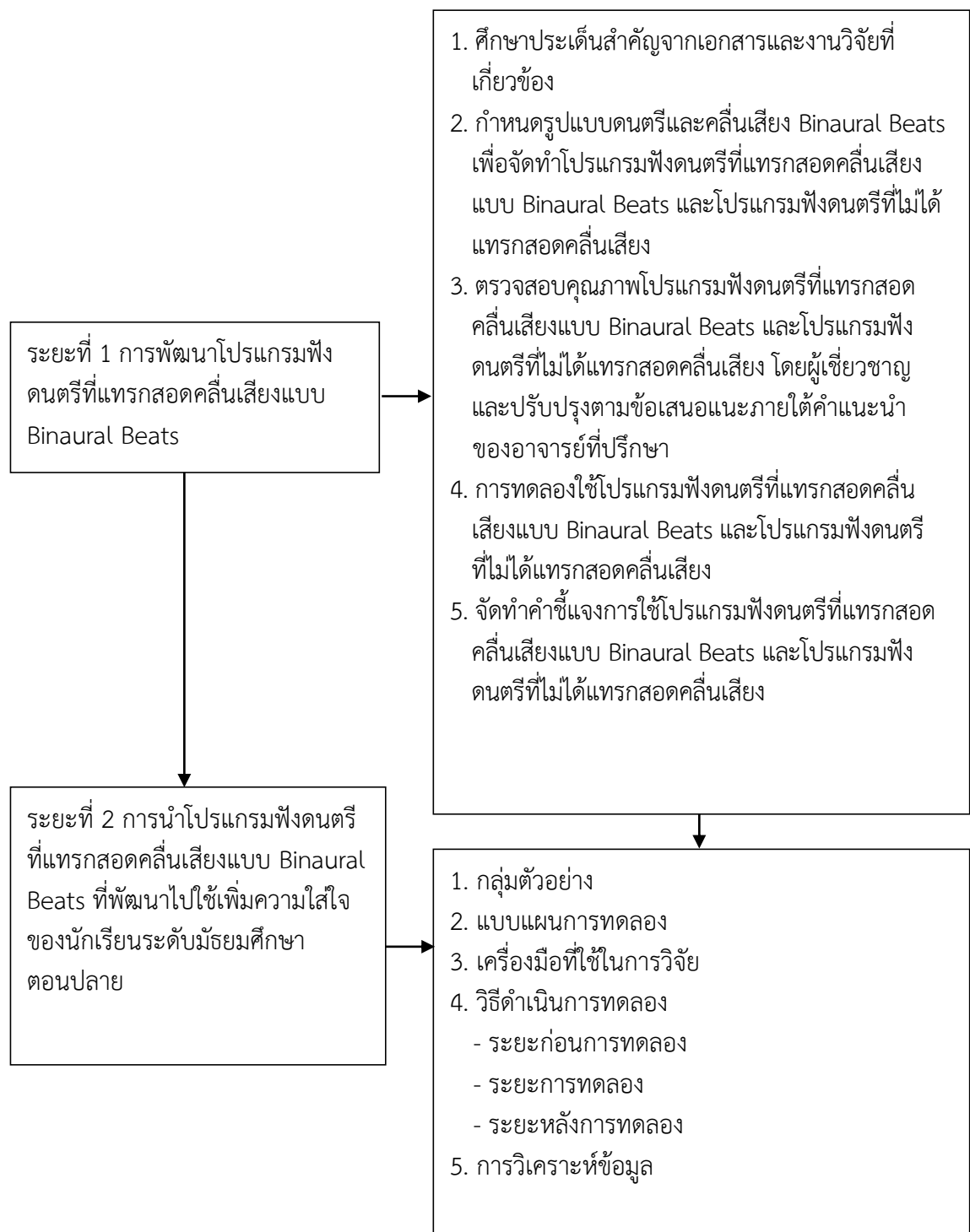
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และเปรียบเทียบผลการเพิ่มความใส่ใจระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยพิจารณาจากคะแนนความถูกต้องของการตอบสนอง (Response Accuracy) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) และค่าศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ (Attention Tasks) วิธีดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

1. ศึกษาประเด็นสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดรูปแบบดนตรีและคลื่นเสียง Binaural Beats เพื่อจัดทำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง
3. ตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยผู้เชี่ยวชาญ
4. การทดลองใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง
5. จัดทำคำชี้แจงการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

ระยะที่ 2 การนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาไปใช้เพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 3-1

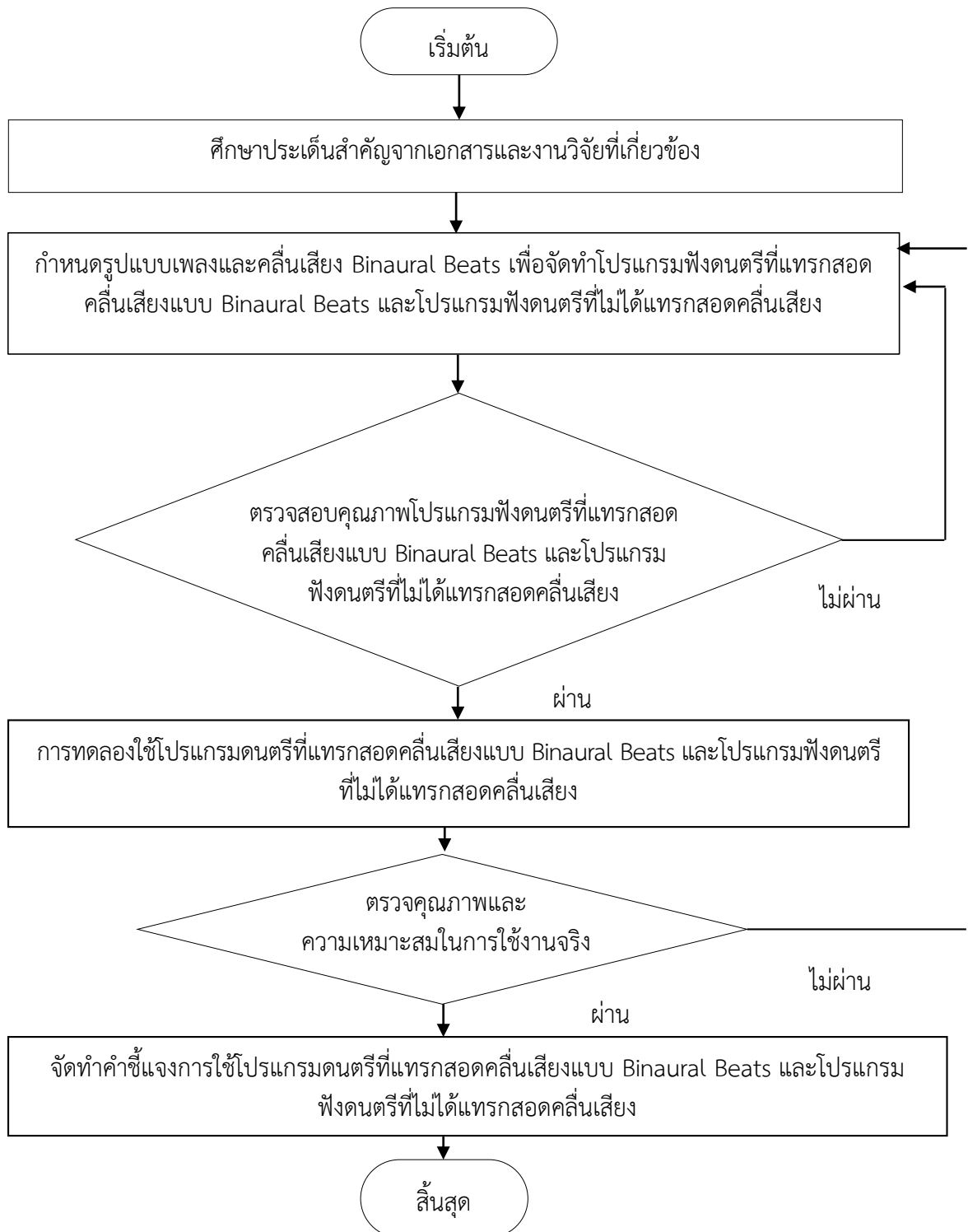


ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิจัย



## ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินการ ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การพัฒนาโปรแกรมฟังเสียงดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

จากภาพที่ 3-2 การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้

1. ศึกษาประเด็นสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats พร้อมทั้งนำแนวคิดสำคัญมาพัฒนาการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยเริ่มต้นจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความใส่ใจ ทฤษฎีบูรณาการคุณลักษณะของความใส่ใจ (Feature-Integration Theory of Attention) ของ Treisman and Gelade (1980) ทฤษฎีการแข่งขันที่ลำเอียงของความใส่ใจ (Biased Competition Theory of Selective Attention) ของ Desimone and Duncan (1995) และแบบจำลองการประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ (Model of Human Information Processing) (Wickens & Carswell, 2006, pp. 111-149) งานวิจัยเกี่ยวกับเสียงดนตรีที่ทำให้คอร์ติซอลมีปริมาณลดลงการกระตุ้นให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่สำคัญกับความใส่ใจ เช่น สารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) โดปามีน (Dopamine) กลูตาเมต (Glutamate) ซึ่งเมื่อเพิ่มมากขึ้นในสมองส่วนหน้าจะทำให้เพิ่มความใส่ใจและการมีสติสัมปชัญญะดีขึ้นตลอดจนสนับสนุนให้มีการปรับตัวของจุดเชื่อมสัญญาณ (Synaptic Plasticity) และการสร้างเซลล์ประสาท (Lupien et al., 2007; Fukui & Toyoshima, 2008; Garcia-Segura, 2009) รวมไปถึงแนวทางการฝึกหายใจแบบลึก (Deep Breathing) เพื่อผ่อนคลายความวิตกกังวล กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic System) (จมาภรณ์ ใจภักดี, กมล อุดล, ปรรณนา สติวิภาวี, และพนม เกตุมาน, 2557; Jerath, Edry, Barnes, & Jerath, 2006; Kim et al., 2013)

2. กำหนดรูปแบบดนตรีและคลื่นเสียง เพื่อจัดทำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

การพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยใช้การฟังดนตรีที่กำหนดเป็นตัวนำคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ผ่านอุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงหรือชุดหูฟัง (Headphone) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการใช้โปรแกรม Audacity Version 2.2.1 มีขั้นตอนการสร้างโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อเพิ่มความใส่ใจ ดังต่อไปนี้

2.1 กำหนดเพลงโดยนำเพลงที่ได้รับความนิยมในระหว่างเดือนสิงหาคม 2560 จาก Application เพลง JOOK Top Thai 50 Songs จำนวน 15 เพลง จัดเรียงตามค่ายเพลง ดังนี้

ลำดับ	ชื่อเพลง	ศิลปิน	ค่ายเพลง
1.	ก่อนฤดูฝน	The Top	BEC Tero
2.	เธอเปลี่ยนไปแล้ว	Sin	BEC Tero
3.	อย่าให้ฉันคิด	Room 39 Loveis	BEC Tero
4.	Restart	Room 39 Loveis	BEC Tero
5.	ความจริง	Room 39 Loveis	BEC Tero
6.	Foe (ไม่ใช่พระเอก)	The Rube	Spicy Disc

ลำดับ	ชื่อเพลง	ศิลปิน	ค่ายเพลง
7.	I'm Sorry (เสียดา)	The Rube	Spicy Disc
8.	เพื่อนรัก	The parkinson	Spicy Disc
9.	อันเฟรนด์	Helmetheads	Spicy Disc
10.	Fail (ซันหมากล่อม)	The Rube	Spicy Disc
11.	ที่จริงเราไม่ได้รักกัน	MILD	Spicy Disc
12.	Sayonara	MILD	Spicy Disc
13.	ยังไงก็ไม่ยก	เก่ง ธชย	Muzik Move
14.	ฉันมาบอกว่า	Season Five	Muzik Move
15.	การเดินทาง	ชาติ สุชาติ	What the Duck

นำเพลงทั้ง 15 เพลง ที่ติดอันดับ JOOK Top Thai ให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) จำนวน 30 คน ให้คะแนน เพลงที่ชอบ จำนวน 12 เพลง เพื่อนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและคัดเลือกสำหรับใช้ในโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นแบบ Binaural Beats ดังนี้

	ชื่อเพลง	ศิลปิน	ค่ายเพลง
1.	ก่อนฤดูฝน	The Top	BEC Tero
2.	เป็นทุกอย่าง	Room 39 Loveis	BEC Tero
3.	อย่าให้ฉันคิด	Room 39 Loveis	BEC Tero
4.	Foe (ไม่ใช่พระเอก)	The Rube	Spicy Disc
5.	เธอเปลี่ยนไปแล้ว	Sin	BEC Tero
6.	ฉันมาบอกว่า	Season five	Muzik move
7.	I'm Sorry (เสียดา)	The Rube	Spicy Disc
8.	เพื่อนรัก	The Parkinson	Spicy Disc
9.	Restart	Room 39 Loveis	BEC Tero
10.	อันเฟรนด์	Helmetheads	Spicy Disc
11.	ความจริง	Room 39 Loveis	BEC Tero
12.	การเดินทาง	ชาติ สุชาติ	What the Duck

นำเพลงที่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิต พัทยา) เลือกไว้ ดำเนินการติดต่อค่ายเพลงเพื่อขออนุญาตลิขสิทธิ์ใช้ไฟล์เพลงเพื่อการศึกษา

นำไฟล์เพลงที่เลือกไว้ทั้ง 12 เพลง บันทึกลงแผ่น CD พร้อมแบบประเมินส่งผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบ เพื่อคัดเลือกเพลงที่เหมาะสมที่สุดจำนวน 6 เพลง เพื่อนำมาใช้ตัดต่อรวมเพลงความยาว 20 นาที หลังจากส่ง CD และแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ควรใช้เพลงที่ไม่มีเสียงนักร้องสำหรับเพลงที่จะแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อให้เสียงดนตรีในโปรแกรมฟังดนตรีแบบ Binaural Beats เป็นเพียงสื่อสำหรับการแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

2. ควรจะใช้เพลงเดียวตลอดระยะเวลา Intervention เพื่อให้สามารถตรวจสอบพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหลังระยะทดลองได้อย่างชัดเจน สรุปเพลงที่ใช้จัดทำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เป็นเพลงที่มีแต่ทำนองดนตรี เพียง 1 เพลง จาก 12 เพลง คือ เพลงการเดินทาง ศิลปิน ชาตี สุชาติ ที่ได้รับการเลือกจากนักเรียน และได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านเสียงดนตรี ด้านจังหวะ และด้านทำนองที่เหมาะสม

การใช้เพลงที่ได้รับความนิยมของกลุ่มตัวอย่าง สอดคล้องกับการศึกษาของ Caldwell and Riby (2007) โดยใช้คลื่นไฟฟ้าสมองศึกษาเกี่ยวกับการฟังเพลงที่ชอบโดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 8 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มทำกิจกรรมออกบอล (Visual Oddball Paradigm) ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างฟังเพลงที่ชอบจะมียอดคลื่นลำดับที่สองค่าลบ (N100) ขนาดใหญ่ ซึ่งบ่งบอกถึงกระบวนการของการค้นหาสิ่งที่สนใจ (Pre-Attentive Stage) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ฟังเพลงที่ชอบ นอกจากนี้เพลงที่ชอบช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองให้มีอารมณ์และจิตใจแจ่มใสช่วยพัฒนาการรับรู้และสมาธิ (Pereda, Rahman, & Bhattacharya, 2014; Alves-Pinto et al., 2015; Altenmüller, 2015)

2.2 จัดทำไฟล์คลื่นเสียง Binaural Beats สำหรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ใช้โปรแกรม Audacity Version 2.2.1 สร้างไฟล์คลื่นเสียง Binaural Beats ที่ความถี่ 10 Hz ตั้งค่าที่กำหนดดังนี้ Set Pitch คลื่นความถี่ 100 Hz ที่หูซ้าย กำหนดค่า Pan ลำโพงซ้าย 100% และ Set Pitch คลื่นความถี่ 110 Hz ที่หูขวา เพื่อให้คลื่นความถี่ ทั้ง 2 สอดประสานกันในสมองเกิดคลื่นใหม่ที่ 10 Hz กำหนดค่า Pan ลำโพงขวา 100% ความดัง 73 เดซิเบล ซึ่งการใช้คลื่นอัลฟาซึ่งมีความถี่ระหว่าง 9-13.9 Hz เนื่องจากเป็นคลื่นที่แสดงถึงความรู้สึกสงบ มีความสุขปิติ และผ่อนคลาย (Relaxation) แต่อยู่ในภาวะที่รู้สึกตัว สภาวะนี้จะทำให้รับข้อมูลและสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุด (Superlearning) อีกทั้งสามารถเข้าถึงการเรียกความจำได้ง่ายและรวดเร็ว พบบ่อยในเด็กที่มีความสุขและผู้ใหญ่ที่มีจิตสมดุลหรือผู้ที่นั่งสมาธิเป็นประจำ ในขณะที่ร่างกายและจิตใจผ่อนคลายเป็นสภาวะที่จิตมีประสิทธิภาพสูงโดยกำหนดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ความถี่ 10 Hz ซึ่งเป็นคลื่นอัลฟาสภาวะที่มีการผลิตเซโรโทนินและโดปามีน ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่ช่วยในเรื่องความใส่ใจ การตื่นตัวเรียนรู้ (Pereda et al., 2014) นำไฟล์ดนตรีที่กำหนดและไฟล์คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บันทึกรวมกันในรูปแบบไฟล์เพลงแบบ Mp3 ที่สามารถใช้กับอุปกรณ์เล่นเพลงทั่วไปได้

2.3 จัดทำดนตรีบรรเลงจากเพลงที่เหมาะสมที่สุด 1 เพลง ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโดยพิจารณาความเหมาะสมจาก

2.3.1 ความเร็ว (Tempo)

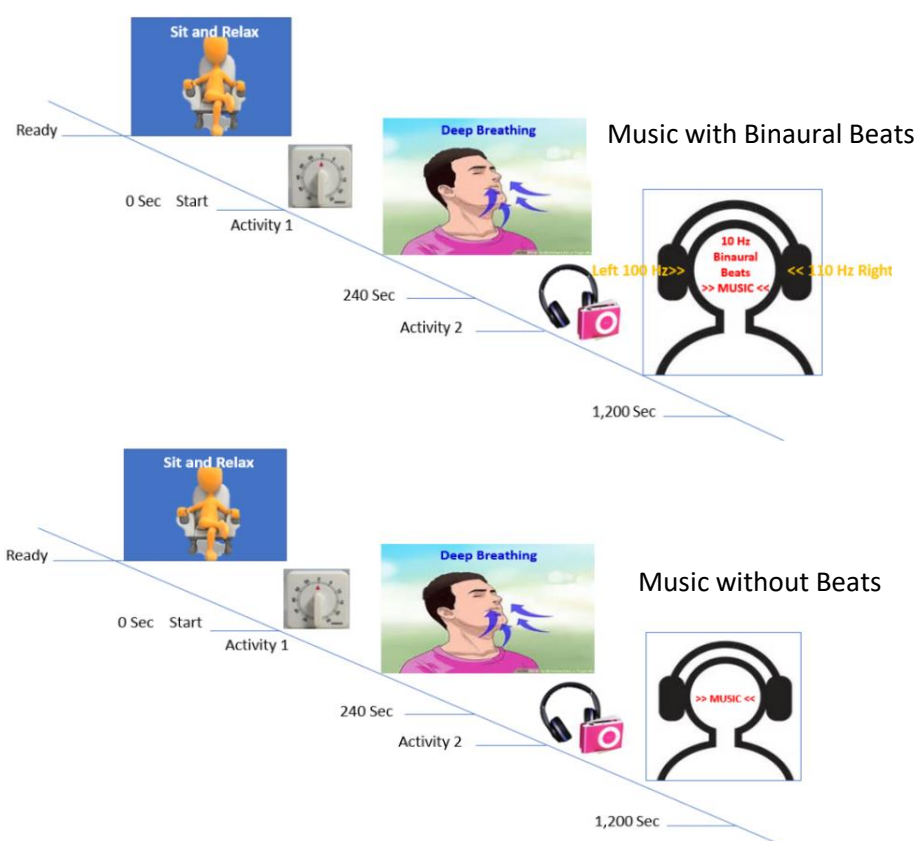
2.3.2 ลีลา (Rhythm)

2.3.3 เนื้อเสียงของเครื่องดนตรี (Tone)

2.3.4 ระดับเสียง (Pitch)

2.3.5 ลักษณะทำนอง (Melody) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลต่ออารมณ์และจิตใจของผู้ฟัง (จักรกริช กล้าผจญ, 2554; Zhu et al., 2009)

2.4 ระยะเวลาของการเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ด้วยการฟังคลื่นแบบ Binaural Beats ปรากฏว่าคลื่นสมองเริ่มมีปฏิกริยากับคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ปล่อยสัญญาณผ่านหูฟังตั้งแต่วเวลาประมาณ 1.30 นาที (Luangboriboon, Tantayanon, & Wongsawat, 2013; Zhu et al., 2009) ซึ่งเป็นการใส่สิ่งเร้าเข้าไประยะสั้น ๆ ผู้วิจัยจึงนำข้อค้นพบนี้มาทดลองระยะยาวเพื่อให้เกิดความยั่งยืนกว่า โดยกำหนดให้มีระยะเวลาสำหรับการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats วันละ 1 ครั้ง ระหว่างเวลา 07.40-08.00 น. เป็นเวลา 20 นาที เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา (Alpha Amplitude) อย่างต่อเนื่องติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน ตามการศึกษาของ Hasegawa et al. (2004) และการศึกษาของ Delle-Vigne et al. (2014) สามารถแสดงลำดับและเวลาของการฟัง ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ลำดับและเวลาของกิจกรรมการเพิ่มความใส่ใจด้วยการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

จากภาพ 3-3 แสดงขั้นตอนกิจกรรมการเพิ่มความใส่ใจด้วยการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง เริ่มจากนั่งในท่าสบาย หายใจเพื่อเตรียมพร้อมและผ่อนคลาย เริ่มฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง สิ้นสุดการฟังเมื่อดนตรีบรรเลงจบ

3. การตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยนำเสนอโปรแกรมฟังดนตรีที่พัฒนาขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษา พิจารณาตรวจสอบรายละเอียดแต่ละกิจกรรม ความเหมาะสมของเนื้อหา ระยะเวลาการฟัง แล้วจึงนำไปปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำโปรแกรมที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 คน ประกอบด้วย

1. นายแพทย์สมรักษ์ สันติเบญจกุล  
อาจารย์ประจำ ภาควิชาจิตเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ดร.ปรัชญา แก้วแก่น  
ผู้ช่วยคณบดี และอาจารย์ประจำ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.ธงชัย จินาพันธ์  
ผู้จัดการ บริษัทต้าถุง (ประเทศไทย) จำกัด ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
4. นายธำมภ์ ธัญญาหาญ  
อาจารย์สอนร้องเพลง ผู้บริหารโรงเรียนสอนร้องเพลง โมสาร์ท อคาเดมี่ และ Music Production บริษัท จีเอ็มเอ็ม แกรมมี่ จำกัด (มหาชน)

3.1 การพิจารณาตรวจสอบรายละเอียดแต่ละกิจกรรม ความเหมาะสมของวิธีการฝึก และระยะเวลาการฟัง การประเมินใช้มาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ในการกำหนดระดับความคิดเห็น โดยการนำผลการประเมินมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การคำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI)

$$CVI = \frac{\text{จำนวนข้อที่ผู้เชี่ยวชาญทุกคนให้ระดับ 4 และ 5}}{\text{จำนวนรายการทั้งหมด}}$$

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ปรากฏว่า จำนวนข้อที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความคิดเห็นในระดับ 4 และ 5 มีจำนวน 29 ข้อ จากจำนวนทั้งหมด 29 ข้อ (CVI = 29/29) ได้ค่า CVI เท่ากับ 1.00 ซึ่งค่า CVI ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า .80 (Strickland, Lenz, & Waltz, 2010, p. 27) ดังนั้น จึงเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

3.2. ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 จากข้อเสนอจากผู้เชี่ยวชาญในประเด็นระยะเวลาในการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ผู้วิจัยจึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะเวลาการรับ Treatment พบว่า ในงานวิจัยของ Christman et al. (2003) เสนอแนะว่าการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มากกว่า 15 นาที ควรเป็นเพลงเดียวและตัดเสียงรบกวนออกเพื่อไม่ให้เป็นตัวแปรแทรกซ้อน จึงจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองได้อย่างชัดเจน ซึ่งการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่นานขึ้นจะช่วยให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองได้ดีกว่า (Samara, Elzinga, Slagter, & Nieuwenhuis, 2011) เนื่องจากช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองที่มีขนาดของคลื่นไฟฟ้าสมองอัลฟา (Alpha Amplitude) เพิ่มขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะเวลาฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เป็นเวลา 20 นาที วันละ 1 ครั้ง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 14 วัน ตามการศึกษาของ Hasegawa et al. (2004) การศึกษาของ Zhu et al. (2009) และการศึกษาของ Delle-Vigne et al. (2014)

4. การทดลองใช้ (Pilot Study) โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) จำนวน 15 คน เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับกระบวนการฟังการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา ระยะเวลาในการดำเนินการและปัญหาที่พบจากการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

ข้อมูลจากการทดลองใช้โปรแกรม ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของคะแนนการตอบสนองและเวลาปฏิบัติการขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจหลังการทดลองใช้โปรแกรม

กลุ่ม	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	80.70	2.53
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	50.58	15.33
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	59.58	15.72

จากตารางที่ 3-1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ระยะเวลาหลังการทดลองใช้โปรแกรม แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีคะแนนความถูกต้องขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ มากกว่ากลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ

กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แสดงว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats น่าจะสามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ตารางที่ 3-2 การเปรียบเทียบเวลาปฏิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะหลังการทดลองใช้โปรแกรม

กลุ่ม	<i>M</i>	<i>SD</i>
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	371.65	49.08
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	424.55	30.70
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	484.00	52.40

จากตารางที่ 3-2 ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ระยะหลังการทดลองใช้โปรแกรม แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงมีเวลาปฏิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่ากลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แสดงว่าโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats น่าจะสามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ตารางที่ 3-3 ปัญหาที่พบขณะทดลองใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และการแก้ไข

ปัญหาที่พบ	การแก้ไขในการทดลองจริง
1. ระยะเวลาในการตอบคำถามจากกิจกรรมทดสอบมี ระยะเวลามากเกินไป (2 วินาที)	1. ปรับระยะเวลาการตอบจากกิจกรรม ทดสอบให้เร็วขึ้น (1 วินาที)
2. แป้นพิมพ์ (Keyboard) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่สะดวกในการปฏิบัติในขณะที่ทำกิจกรรม	2. เปลี่ยนจากแป้นพิมพ์เป็นแป้นกดแบบ ตัวเลข (Numeric Key)

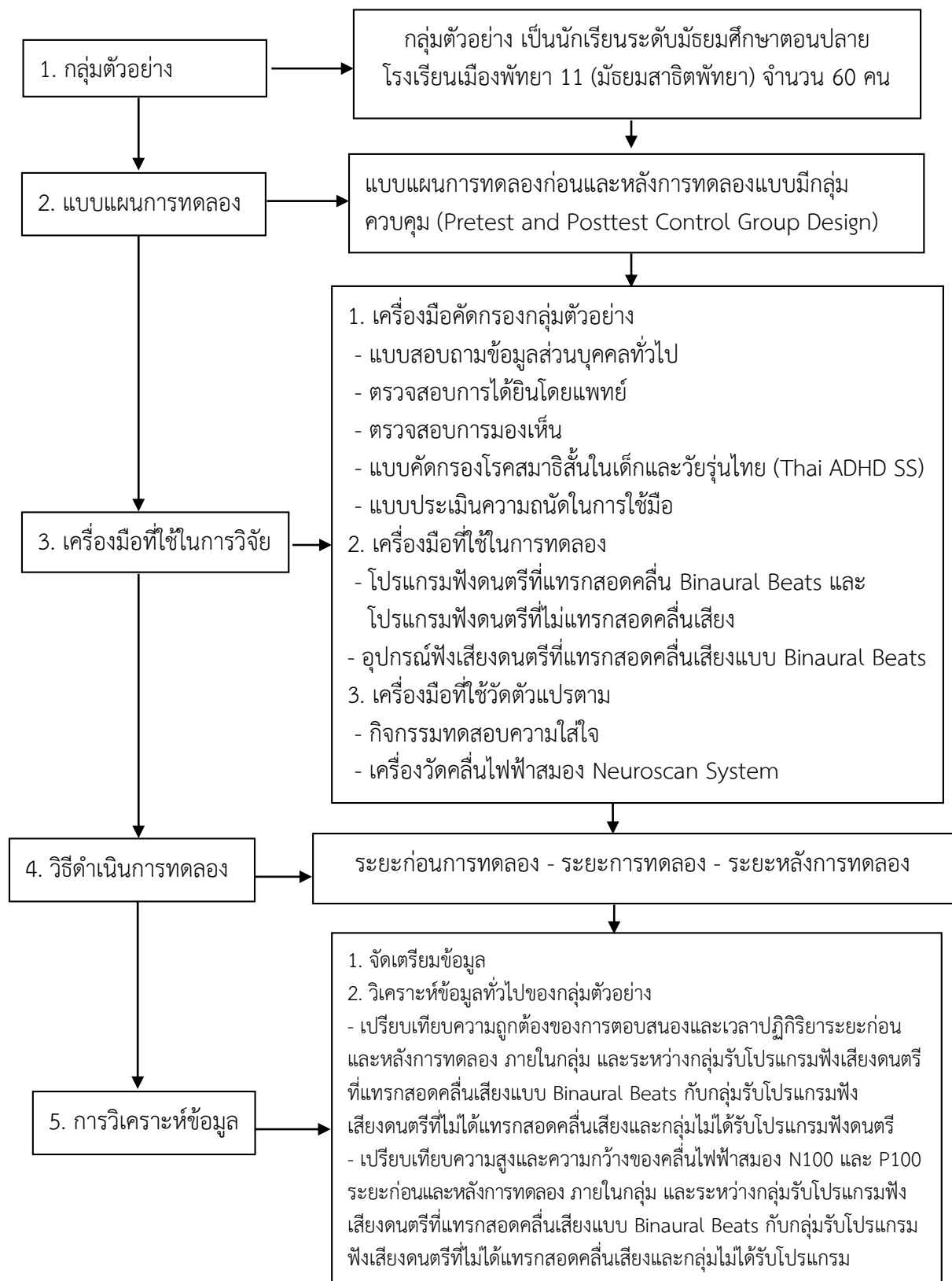
นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุง ดังนี้

1. จัดทำคำชี้แจงและขั้นตอนการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ให้ง่ายต่อการใช้งาน
2. นำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรม ฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงที่ได้รับการพัฒนาไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยและนำ โปรแกรมไปทำวิจัยกับกลุ่มสนใจอื่น ๆ ต่อไป



## **ระยะที่ 2 การนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนา ไปใช้เพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

การศึกษาผลของการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการทดลองใช้ (Try Out) แล้วมาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ในประเด็นความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกิริยาก่อนกับหลัง การทดลอง การเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ก่อนกับหลังการทดลอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดยการศึกษาจากคลื่นไฟฟ้าสมอง แสดงขั้นตอนการดำเนินการ ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-4 การศึกษาผลของการเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมฟังเสียงดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

### 1. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 15-18 ปี คัดเลือกจากอาสาสมัครจากโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมศึกษาสัตตพัตยา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560 จำนวน 60 คน ขนาดกลุ่มตัวอย่างอ้างอิง Gravetter and Forzano (2015, pp. 141-142) โดยมีเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย ดังนี้

#### เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusions Criteria)

1. เป็นผู้มีสุขภาพดี
2. ไม่มีภาวะซึมเศร้า ประเมินโดยใช้แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น แบบคัดกรองโรคสมาธิสั้นในเด็กและวัยรุ่นไทย (Thai ADHD Screening Scale-Thai ADHD SS) (ชาญวิทย์พรนภดล, 2556)

3. ถนัดมือขวาจากแบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971)

4. มีการได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้างและมีการมองเห็นปกติ

5. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการเจ็บป่วยทางระบบประสาทและไม่เป็นโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อตา สามารถใช้ตาทั้งสองข้างได้ตามปกติ

6. ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยทางจิต การใช้ยาทางจิตเวชหรือสารเสพติดที่มีผลต่อระบบประสาท

7. ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความใส่ใจมาก่อน

8. มีความเต็มใจเข้าร่วมการทดลองตามที่กำหนดและเข้าร่วมตลอดการทดลอง

#### เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria)

1. ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ต่อเนื่อง

2. มีปัญหาสุขภาพหรืออาการเจ็บป่วย ที่ต้องเข้ารับการรักษาระหว่างการเข้าร่วมการวิจัยในการศึกษานี้มีขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากแบบไม่คืนที่ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ได้แก่ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

#### การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. ทำหนังสือติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมศึกษาสัตตพัตยา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2. นัดหมายและดำเนินการประชุมนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ณ ห้องประชุมโรงเรียน เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และขออาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นต้นโดยใช้แบบคัดกรองโรคสมาธิสั้นในเด็กและวัยรุ่นไทย (Thai ADHD Screening Scale -Thai ADHD SS) จากนั้นให้อาสาสมัครกรอกข้อมูลส่วนบุคคล ตรวจสอบการมองเห็นด้วยการทดสอบระดับสายตาระยะใกล้ (Near Vision) เจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart) และตรวจการได้ยินคลื่นเสียงระดับต่าง ๆ ด้วยแพทย์ชั่งประวัติการเจ็บป่วยเบื้องต้น

3. นำข้อมูลที่ได้มาคัดเลือกเฉพาะผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ จำนวน 60 คน และทำการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มโดยการจับฉลาก แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats จำนวน 20 คน ชาย 4 คน หญิง 16 คน กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง จำนวน 20 คน ชาย 2 คน หญิง 18 คน และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จำนวน 20 คน หญิง 20 คน

4. นัดประชุมนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการคัดเลือก ณ ห้องประชุมของโรงเรียนเมืองพญา 11 (มัธยมสาธิตพญา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เพื่อชี้แจงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง การเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดลองและให้กรอกแบบฟอร์มแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย จากนั้น จึงจัดทำตารางนัดหมายเพื่อมาดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จองห้องปฏิบัติการและทำตารางนัดหมายการทดลอง ในช่วงเวลา 09:30-17:00 น. วันละ 12 คน

#### 2. แบบแผนการทดลอง

ใช้แบบแผนการทดลองก่อนกับหลังการทดลองมีกลุ่มควบคุม (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 38-39) ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 แบบแผนการทดลองแบบ Pretest and Posttest Control Group Design

การสุ่มเข้ากลุ่ม (Random Assignment)	กลุ่ม (Group)	ทดลองก่อน (Pretest)	ทดลอง (Intervention)	ทดลองหลัง (Posttest)
	E	O <sub>1</sub>	X <sub>a</sub>	O <sub>2</sub>
R	C1	O <sub>1</sub>	X <sub>b</sub>	O <sub>2</sub>
	C2	O <sub>1</sub>	-	O <sub>2</sub>

Time

ความหมายของสัญลักษณ์

R หมายถึง การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental Group) ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

C1 หมายถึง กลุ่มควบคุม (Active Control Group) ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีไม่แทรกสอดคลื่นเสียง

C2 หมายถึง กลุ่มควบคุม (Passive Control Group) ที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

X<sub>a</sub> หมายถึง โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

X<sub>b</sub> หมายถึง โปรแกรมฟังดนตรีไม่แทรกสอดคลื่นเสียง

O<sub>1</sub> หมายถึง การทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) ก่อนการทดลอง

O<sub>2</sub> หมายถึง การทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) หลังการทดลอง

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 เครื่องมือคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

3.1.1 แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ ประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะหรือการได้รับอุบัติเหตุอย่างรุนแรง ประวัติการเจ็บป่วยทางจิต การได้ยิน และความผิดปกติทางการได้ยิน รวมถึงการได้ยินเสียงในระดับคลื่นความถี่ที่แตกต่างกัน ได้รับการตรวจจากนายแพทย์ พรีวัศ กาญจนเบญญา ใบประกอบวิชาชีวะเวชกรรม เลขที่ ว.49870 รายละเอียดตามภาคผนวก ข

3.1.2 แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ โดยปรับปรุงมาจาก Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) ซึ่งเป็นตารางที่ประกอบด้วย ข้อความที่เกี่ยวกับ กิจกรรมที่ใช้มือในการปฏิบัติ จำนวน 20 ข้อ อยู่ทางด้านซ้ายของตาราง และมีช่องให้เลือกกากบาท ในแต่ละกิจกรรมอยู่ 2 ช่อง ได้แก่ มือขวาและมือซ้าย โดยให้กลุ่มตัวอย่าง อ่านกิจกรรมและกากบาท ให้ตรงกับมือข้างที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้น ๆ ในการศึกษาเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้เฉพาะมือขวาทำ กิจกรรมทั้ง 20 ข้อ รายละเอียดตามภาคผนวก ข

3.1.3 แบบคัดกรองโรคสมาธิสั้นในเด็กและวัยรุ่นไทย (Thai ADHD Screening Scale-Thai ADHD SS) เป็นแบบคัดกรองมีค่า Cronbach's Alpha Coefficient ตั้งแต่ 0.64 ขึ้นไป มีค่าสัมประสิทธิ์ Pearson's Correlation Coefficient (r) เฉลี่ย 0.80 ( $p < .01$ ) ณ จุดตัด (Cut-off Point) ที่ T-Score 61 มีค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับร้อยละ 57 มีค่าความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับร้อยละ 49 หากใช้ผลของแบบคัดกรอง มากกว่าหนึ่งฉบับ เช่น ใช้ผลของฉบับตนเอง ฉบับผู้ปกครอง และฉบับครูร่วมกัน จะทำให้แบบคัดกรองมีความไวและความจำเพาะเพิ่มขึ้น โดยจะมีค่าความไวร้อยละ 90 และค่าความจำเพาะร้อยละ 88 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) พบว่า ข้อคำถามในแบบคัดกรอง ทุกฉบับมีค่า Loading Factor มากกว่า 0.4 รายละเอียดตามภาคผนวก ข

3.1.4 การทดสอบระดับสายตาระยะใกล้ (Near Vision) ด้วยเจเกอร์ ชาร์ต (Jaeger's Chart) มีลักษณะเป็นแผ่นป้ายที่มีตัวเลขเขียนเรียงกันลงมาเป็นแถว ๆ จากแถวบนสุด ซึ่งมีขนาดใหญ่สุดจนถึงแถวล่างสุดซึ่งมีขนาดเล็กสุด ใช้การทดสอบสายตาที่ละข้างและทำในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ โดยให้อ่านตั้งแต่แถวที่อยู่บนสุด จนถึงแถวล่างที่มีขนาดตัวเลขตัวเล็กสุด ค่าที่อ่านได้แล้วบันทึกค่าไว้ โดยแต่ละแถวจะมีตัวเลขกำกับ เช่น เจ 1 (J1) เจ 2 (J2) เป็นต้น เพื่อบอกระดับของสายตา โดยผู้ที่อ่านได้ระดับ "J1" ถือว่าเป็นผู้มีสายตาปกติ รายละเอียดตามภาคผนวก ข

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว มีขั้นตอนในการฟังดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 กิจกรรมการเพิ่มความใส่ใจ โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

กิจกรรม	การปฏิบัติ	เวลา (วินาที)
1. การหายใจแบบลึก 4 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) นั่งบนเก้าอี้ ในท่าสบายที่สุด แล้วหลับตา</li> <li>2) หายใจเข้าผ่านทางจมูกรอย่างช้า ๆ</li> <li>3) กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจค้างไว้</li> <li>4) ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกรอย่างช้า ๆ</li> <li>5) ปฏิบัติซ้ำจากข้อ 1-4 แล้วลืมหายใจเมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ (รวมเวลา)</li> </ol>	240
2. ฟังเสียงดนตรี	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) ใส่ชุดอุปกรณ์ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats</li> <li>2) ปรับหูฟังให้พอดี</li> <li>3) เสียบหูฟังกับเครื่อง Mp3</li> <li>4) เปิดปุ่ม ON ที่เครื่อง Mp3 เพลงจะเล่นอัตโนมัติ</li> <li>5) เมื่อครบเวลา 20 นาที ดนตรีจะหยุดเล่น</li> <li>6) ลืมหายใจ สิ้นสุดกิจกรรม</li> </ol>	1,200
รวมเวลาทั้งสิ้น		1,440

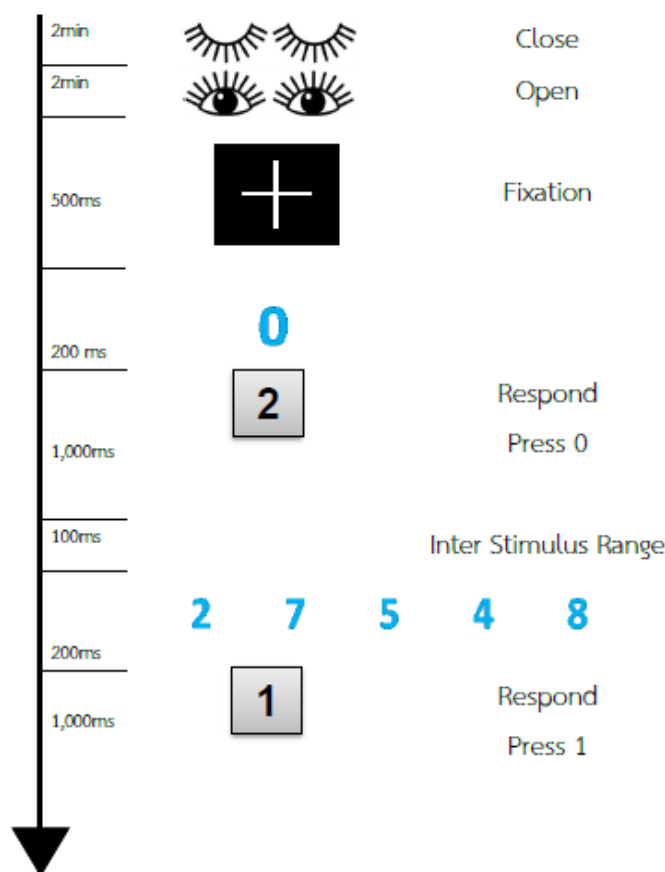
### 3.3 เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม

กิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ประกอบด้วย Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) หมายถึง สิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นให้เกิดการทำงานของสมอง เพื่อใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการให้ความใส่ใจกับสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุด โดยสิ่งเร้านี้ จะแสดงภาพและเสียงจากจอคอมพิวเตอร์ โดยให้กดคำตอบหลังจากภาพและเสียงที่เป็นเป้าหมายปรากฏ (Aylward, Brager, & Harper, 2002)

- เครื่องมือที่ใช้วัดความใส่ใจเป็นโปรแกรม STIM<sup>2</sup> ติดตั้งมาพร้อมกับเครื่อง NeuroScan
- กิจกรรมที่ใช้วัดความใส่ใจ ได้มีการทดลองใช้และมีการปรับปรุงให้เหมาะกับกลุ่มทดลอง หลังจากที่มีการ Try out โดยปรับลดเวลาในการทำกิจกรรม
- ลักษณะเครื่องมือ เป็นกิจกรรมที่แสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ และให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมตอบคำถาม
- การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ทำโดยให้กลุ่มทดลองทดสอบการใช้งาน ภายใต้การให้คำปรึกษา จากอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการตรวจสอบความใส่ใจ ผู้วิจัยใช้กิจกรรมจากโปรแกรม STIM<sup>2</sup> ซึ่งประกอบด้วย กิจกรรมทดสอบความใส่ใจทางด้านภาพ (Visual CPT) และกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทางด้านเสียง (Audio CPT) ใช้เวลาในการทดสอบความใส่ใจกิจกรรมละ 8 นาที ทดสอบต่อเนื่องทั้ง 2 กิจกรรมรวมทั้งสิ้น 16 นาที

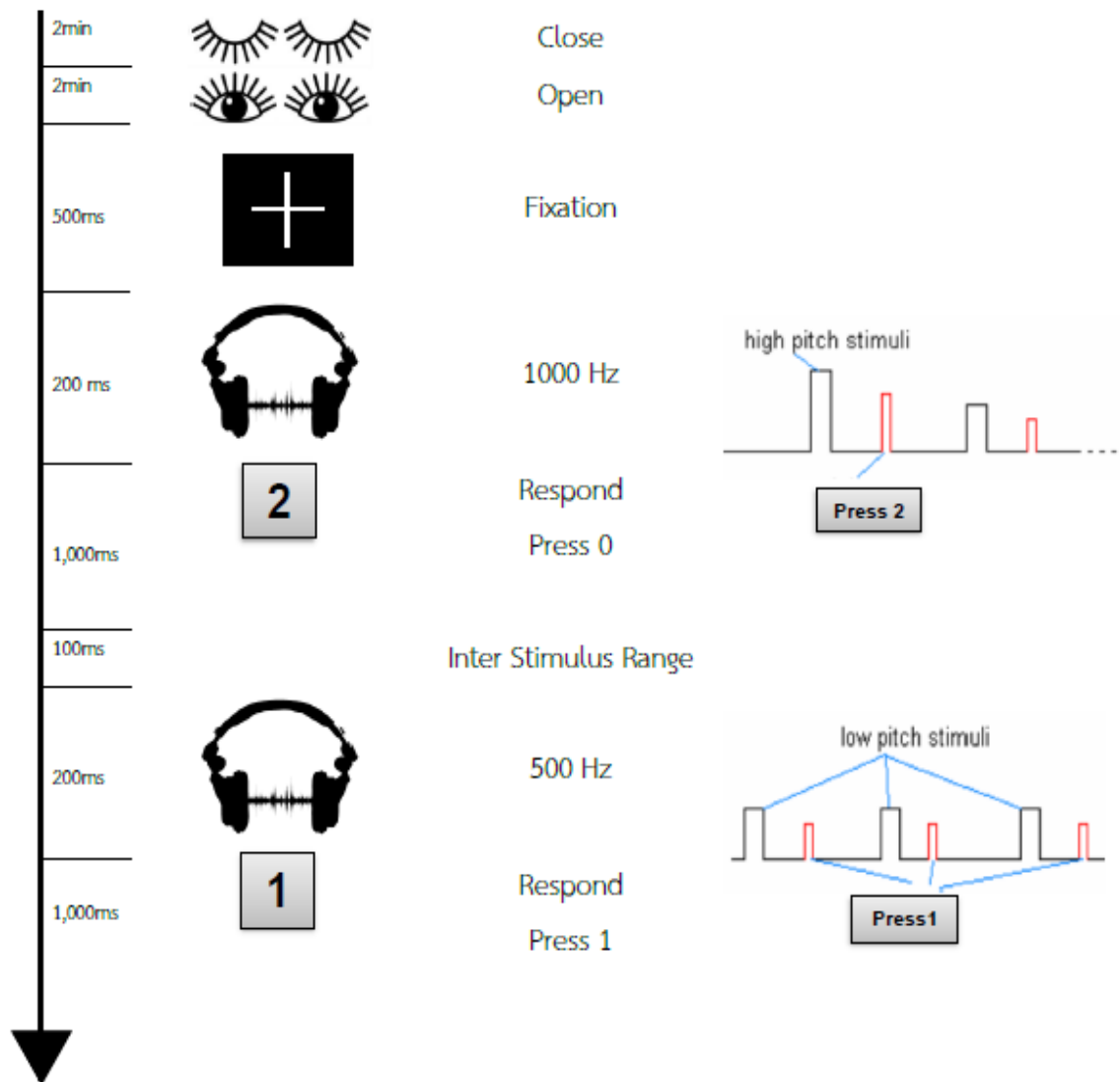
1. VISCPPT (Visual Continuous Performance Task) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดยใช้ตัวเลข 0-9 กิจกรรมเริ่มต้นด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะมีการแสดงข้อความขึ้นที่กลางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังนี้ “หลับตา” ให้ผู้เข้าร่วมทดลองหลับตาเป็นเวลา 2 นาที เมื่อได้ยินสัญญาณ “ป๊อป” ให้ผู้เข้าร่วมทดลองลืมตา จากนั้นหน้าจอคอมพิวเตอร์จะแสดงข้อความ “Visual CPT” เป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นหน้าจอคอมพิวเตอร์จะแสดงชุดตัวเลขสำหรับทดสอบ 0-9 ที่หน้าจอ เป็นเวลา 200 มิลลิวินาที ให้ผู้เข้าร่วมทดลอง กดเลข 2 ที่แป้นกด (Numeric Key) ทันทีที่มีเลข 0 ปรากฏขึ้นมาบนจอ และผู้ร่วมทดลองกดเลข 1 เมื่อชุดตัวเลขที่ปรากฏเป็นเลขอื่น ๆ ซึ่งชุดตัวเลขสำหรับทดสอบที่ปรากฏจะได้จากการสุ่ม จำนวน 450 ข้อ โดยมีสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย จำนวน 45 ข้อ จากนั้นจึงนำผลที่ตอบถูกต้องมาเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลต่อไป



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ (Attention) ด้วย VISCPPT- โปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup>

2. AUDCPT (Auditory Continuous Performance Task) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจโดยใช้เสียงที่ผลิตและควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมบรรจุด้วยชุดเสียง 10 โทน ซึ่งบันทึกไว้ในรูปแบบ Digital Sound Editor ในกิจกรรมนี้คำถาม 1 ข้อ ซึ่งผู้เข้ารับการทดลอง

จะได้ยินโทนเสียงดังหรือโทนเสียงเบาที่แตกต่างกัน และผู้เข้าร่วมทดลอง กดเลข 1 เมื่อได้ยินโทนเสียงต่ำ และกดเลข 2 เมื่อได้ยินโทนเสียงสูง สามารถแสดงได้ตามภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ (Attention) ด้วย AUDCPT – โปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup>

3.3 นำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งพบว่า ระยะเวลาในการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจควรปรับให้เร็วขึ้น เนื่องจากเวลาที่โปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup> กำหนดค่ามาตรฐานไว้ให้ทำกิจกรรม มีระยะเวลานานเกินไป จึงนำปัญหาที่พบดังกล่าวมาเป็นแนวทางปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง



การให้คะแนนความถูกต้องของการตอบจากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจจากภาพ ด้วยคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างจะได้คะแนนเมื่อกดปุ่มที่แป้นกด เมื่อสิ่งเร้า (ภาพและเสียง) ปรากฏ ระยะเวลาการตอบสนองต่อกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านความใส่ใจ คำนวณจาก ระยะเวลาตั้งแต่สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายของกิจกรรมในแต่ละเงื่อนไขปรากฏขึ้นจนกระทั่งกลุ่มตัวอย่าง กดปุ่มตอบสนองถูกต้อง

#### 4. วิธีดำเนินการทดลอง

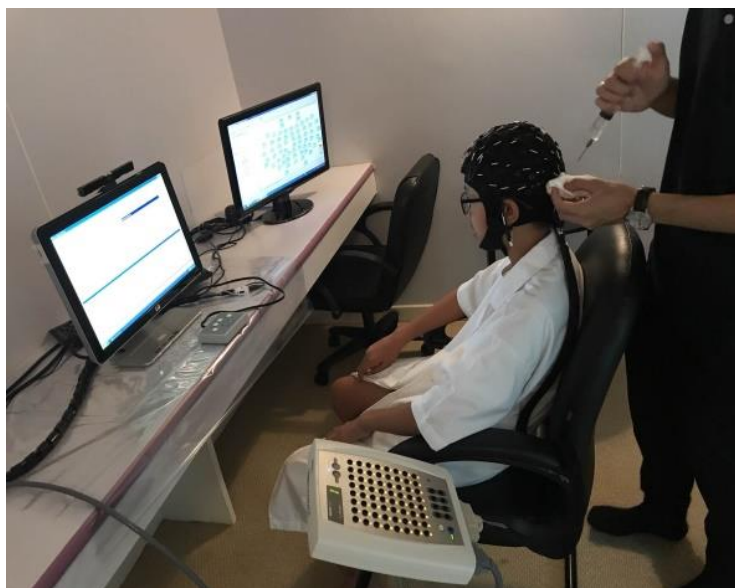
##### ระยะก่อนการทดลอง

ดำเนินกิจกรรมทดสอบความใส่ใจกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ตามตารางกำหนดเวลาที่ นัดหมายไว้ สถานที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัย และวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมาถึงให้นั่งพักเพื่อผ่อนคลายและอธิบายขั้นตอนการทำแบบทดสอบ จากนั้น ดำเนินการครั้งละ 1 คน ทำความสะอาดหนังศีรษะด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ 75% เพื่อขจัด เซลล์ที่ตายแล้วออกไปและลดความต้านทานบริเวณหนังศีรษะ จากนั้นวัดขนาดศีรษะเพื่อเลือกขนาด หมวกให้เหมาะสมกับขนาดศีรษะ โดยที่หมวกขนาดเล็ก (สีเหลือง) สำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะ เท่ากับ 50-54 เซนติเมตร ขนาดกลาง (สีแดง) สำหรับผู้ที่มีขนาดเส้นรอบศีรษะเท่ากับ 54-58 เซนติเมตร โดยใช้วิธีวัดจากแถบวัดความยาวจากจุดกึ่งกลางระหว่างหน้าผากกับจมูก (Nasion) ไปจนถึงรอยย่นด้านหลังศีรษะ (Inion) จากด้านหน้าไปยังด้านหลังเท่ากับกี่เซนติเมตร จากนั้นให้วัดจากจุด Nasion และ Inion ขึ้นไป เท่ากับ 10% ของความยาวที่วัดได้ในตอนแรก เช่น วัดจากด้านหน้าไป ด้านหลังได้ 34 เซนติเมตร ก็ให้วัดขึ้นมา 3.4 เซนติเมตร และใช้ดินสอสีแบบลบออกได้ จูกระบุ ตำแหน่งไว้ จากนั้นใช้แถบวัดเส้นรอบศีรษะให้ผ่านจุดทั้งสองว่ายาวกี่เซนติเมตร แล้วเลือกขนาดหมวก ให้ตรงกับความยาวที่วัดได้

สวมหมวกอิเล็กโทรดที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) แบบ Ag/ AgCl วางตามระบบการวาง ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 Chanel (International System of Electrode Placement) ภายใน หมวก ส่วนบนศีรษะของผู้ร่วมการทดลอง โดยให้ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Fp1 และ Fp2 อยู่ระหว่างจุดที่วัด จาก Nasion ขึ้นมา 10% ยึดหมวกให้พอดีกับศีรษะของผู้ร่วมการทดลองจากด้านหน้าไปด้านหลัง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่อยู่ภายในหมวกว่าอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยเฉพาะขั้วไฟฟ้า ที่ต้องอยู่ในแนวกลางศีรษะ คือ Fz, Cz และ Pz รวมทั้งตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วย

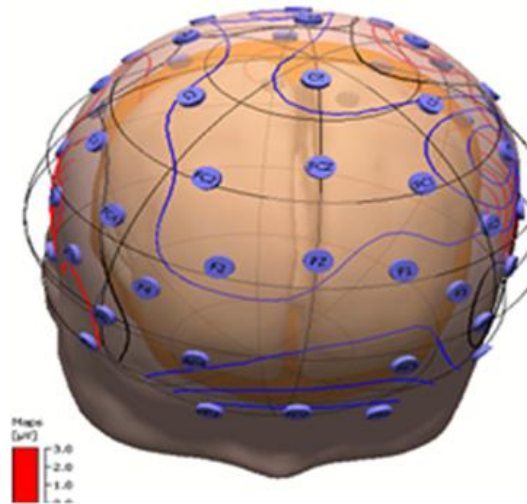
บรรจุสารละลายสำหรับนำสัญญาณไฟฟ้า (Sodium Chloride) โดยใช้เข็มฉีดยา ปลายทู่ (Blunt Needle) เบอร์ 15 ดูดสารละลายเข้าไปในหลอดฉีดยา (Syringe) เพื่อนำไปบรรจุลงใน ตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าที่อยู่ข้างใต้หมวกจนครบทุกขั้วไฟฟ้า



ภาพที่ 3-7 หมวกที่มีขั้วไฟฟ้าอิเล็กโทรด (Electrode)

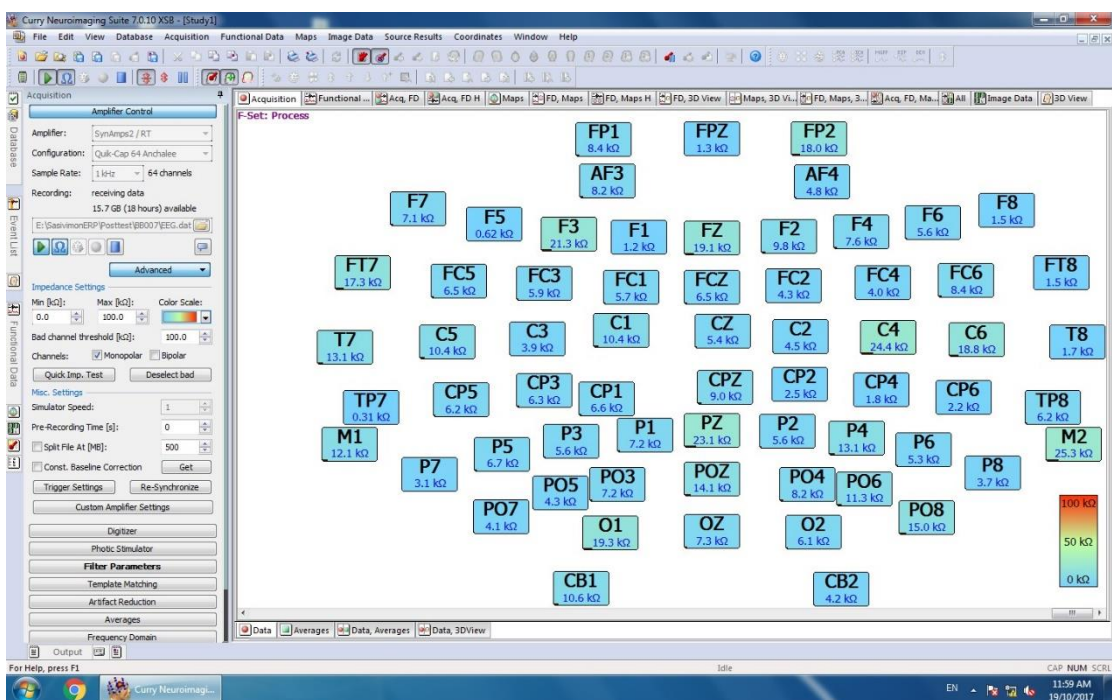
การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalograms Recording) ใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง CompumedicsNeuroScan จากประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 64 ช่องสัญญาณ (Channels) ทำการบันทึกแบบ Real-Time Recorder พร้อมหมวกอีลาสติก (Elastic Cap) ที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) แบบ Ag/AgCl ที่วางตามระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 Channels (International System of Electrode Placement)

การวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากลจะประกอบด้วย A=Ear Lobe, C=Central, Pg = Nasopharyngeal, P = Parietal, F = Frontal, T =Temporal Lobe, Fp = Frontal Polar, O = Occipital ขั้วไฟฟ้า จำนวน 64 ขั้ว วางในแนวกลางศีรษะ 3 ตำแหน่ง (Fz, Cz, Pz) และสองข้างศีรษะอีก 64 ตำแหน่ง ใช้ขั้วไฟฟ้าที่ติ่งหูข้างขวา (T44) เป็นตำแหน่งอ้างอิง (Reference Electrode) 1 ขั้ว ขั้วระบบการวางตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสากล 64 Chanel ด้านบนของศีรษะ และตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอ้างอิงสัญญาณไฟฟ้าจากการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองได้รับการแปลงสัญญาณอะนาล็อกไปเป็นดิจิทัลด้วยอัตราการสุ่ม 250 Hz กำหนดค่าความต้านทานในแต่ละขั้วไฟฟ้าน้อยกว่า 5 k $\Omega$  การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองนี้ใช้โปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7



ภาพที่ 3-8 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าจากโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7

โปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปของบริษัท NeuroScan เชื่อมต่อกับกล่องรับสัญญาณไฟฟ้า Syn Amps RT 64-Channel Amplifier ทำหน้าที่บันทึก และวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าสมองที่วัดได้ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมทดสอบความสามารถด้านความใส่ใจผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์



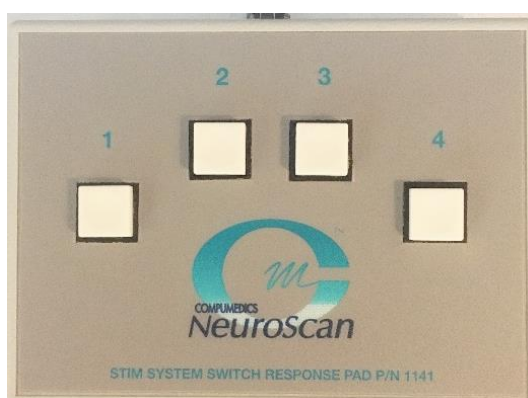
ภาพที่ 3-9 หน้าจอแสดงค่าความต้านทานในแต่ละขั้วไฟฟ้า (Impedance)

เครื่อง Stim Tracker ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง STP 100 ของเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าของ STIM<sup>2</sup> กับโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 โดยส่งเครื่องหมาย (Marker) ไปปรากฏที่ NeuroScan ขณะบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง



ภาพที่ 3-10 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง NeuroScan

แป้นกดปุ่มเพื่อเลือกคำตอบขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) ผ่านหน้าจคอมพิวเตอร์ โดยแป้นกดปุ่มนี้เชื่อมต่อกับโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 เพื่อบันทึกการกดเลือกคำตอบ



ภาพที่ 3-11 แป้นกดปุ่มเพื่อเลือกคำตอบ

บันทึกแฟ้มข้อมูลพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการดำเนินการกับข้อมูลต่อไป

#### ระยะเวลาทดลอง

นัดหมายนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ที่ห้องประชุม ชั้น 3 อาคาร 1 โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) จำนวนทั้งหมด 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 20 คน แยกดำเนินการเป็นกลุ่ม ๆ ดังนี้

กลุ่มทดลอง (Experimental Group) เป็นกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยมีลำดับการฟัง ดังนี้

1. ให้นักเรียนทั้ง 20 คน นั่งเก้าอี้ในท่าสบาย เป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน แจกเครื่องเล่น Nano Mp3 คนละ 1 เครื่อง ใส่หูฟังเครื่องโดยลำโพงซ้ายไว้ทางหูด้านซ้ายของนักเรียน และลำโพงขวาอยู่ทางหูด้านขวาของนักเรียน

2. ให้นักเรียนนั่งในท่าสบายที่สุด แล้วหลับตา หายใจเข้าผ่านทางจมูกอย่างช้า ๆ กำหนดสติอยู่ที่ลมหายใจค้างไว้ ผ่อนลมหายใจออกทางจมูกอย่างช้า ๆ หายใจแบบลึก เป็นเวลา 4 นาที

3. เปิดเครื่องเล่น Nano Mp3 ดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

4. หลับตา นั่งฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เป็นเวลา 20 นาที เมื่อดนตรีจบให้ลืมตาขึ้น คินเครื่องเล่น Nano Mp3 กับผู้ควบคุม

5. นัดหมายครั้งต่อไป ทำเช่นเดียวกันจนครบ 14 ครั้ง

กลุ่มใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง (Active Control Group) ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับกลุ่มทดลอง แต่เปลี่ยนเป็นฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

กลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี (Passive Control Group) ให้นั่งรอในห้องที่ติดกันจนครบ 20 นาที ครบเวลาที่กำหนด จึงให้เดินทางกลับบ้าน ทำเช่นนี้จนครบ 14 ครั้ง

#### ระยะหลังการทดลอง

ดำเนินกิจกรรมทดสอบความใส่ใจกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ตามตารางกำหนดเวลาที่นัดหมายไว้ สถานที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา และดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับระยะก่อนการทดลอง

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ให้ผู้รับการทดลองทำความสะอาดศีรษะด้วยการสระผมในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ให้และเดินทางกลับ จากนั้นทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลองครั้งต่อไป

#### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ตรวจสอบข้อมูลหลังทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่บันทึกจากโปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup> และข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 เรียบร้อยแล้วดำเนินการจัดกระทำข้อมูลดังนี้

ข้อมูลของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะที่ทำการเพิ่มความใส่ใจโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีหลังทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ประกอบด้วย

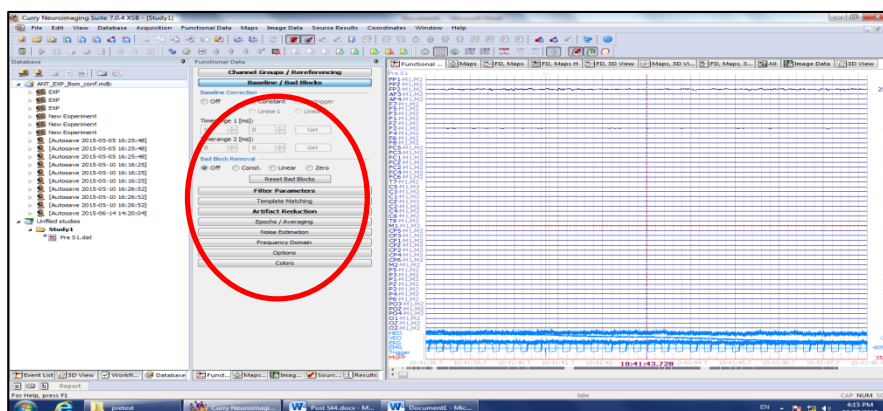
1. คะแนนการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจได้ถูกต้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนตอบถูก
2. ให้เป็น 1 คะแนนตอบผิดให้เป็น 0 คะแนน

2. ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจได้ถูกต้อง คือ เวลาตั้งแต่ได้รับสิ่งเร้าจนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบตัวเลือกถูก = 1 และ ผิด = 0 มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที โดยนำเฉพาะเวลาที่ใช้ในการตอบถูกเท่านั้นมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อที่ถูกต้อค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคล

## 5.2 การจัดเตรียมข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

5.2.1 รวบรวมข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ และข้อมูลพฤติกรรมจากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจที่บันทึกจากโปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup> โดยมีขั้นตอนการประมวลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ ดังนี้

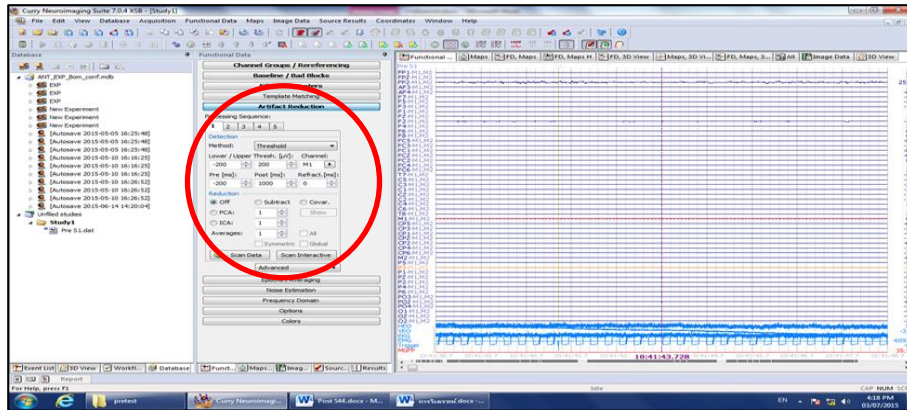
1) การกรองสัญญาณ (Filter) คลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เริ่มจากการเลือกที่เมนู Baseline/ Bad Block ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แล้วเลือกค่าคงที่ (Constant) เพื่อการกรองสัญญาณที่ไม่ดีออก ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการกรองสัญญาณ (Filter) คลื่นไฟฟ้าสมอง

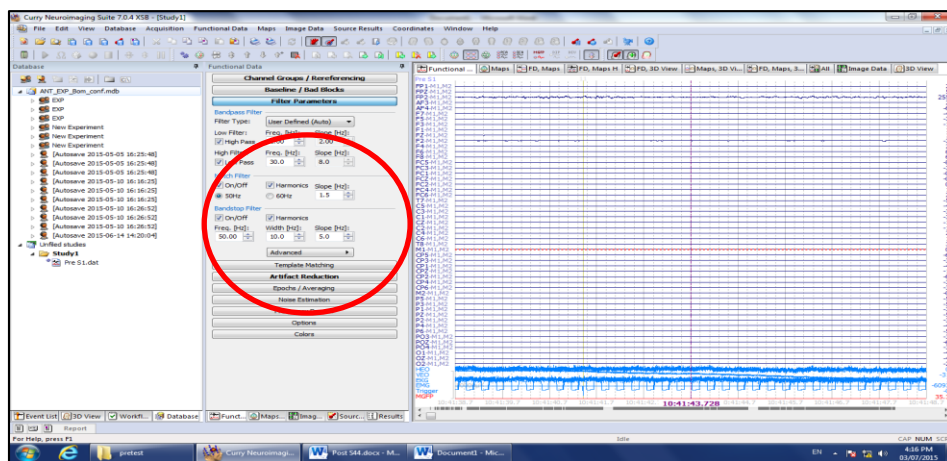
2) การกรองสัญญาณช่วงความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) ให้อยู่ในช่วง 1-30 Hz เลือกที่เมนู Filter Parameter ที่ Filter Type เลือก User Defined (Auto) และกำหนดค่าความถี่ Low Filter High Pass ที่ความถี่ 1 Hz กำหนดค่า High Filter Low Pass ที่ความถี่ 30 Hz จากนั้นเปิด ON ที่ตำแหน่ง Notch Filter และ Band Stop Filter ดังภาพที่ 3-13





ภาพที่ 3-13 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการกรองสัญญาณช่วงความถี่

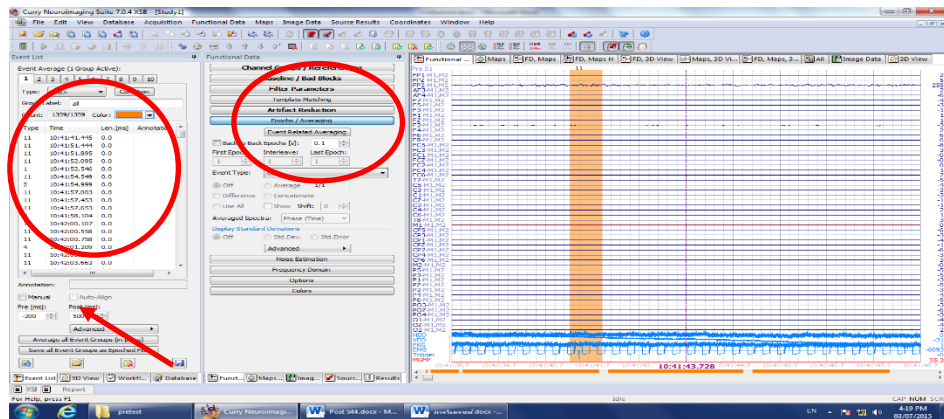
3) ตัดสัญญาณรบกวน (Artifact Reduction) โดยการเลือกที่เมนู Artifact Reduction ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 เลือกวิธีการ (Method) ที่ Threshold เลือกช่องสัญญาณ (Channel) ที่จุดอ้างอิง M2 และกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการตัดสัญญาณรบกวน เวลาเริ่มก่อน (Pre) ได้รับสิ่งกระตุ้นที่เวลา -200 ms และเวลาสิ้นสุด (Post) หลังได้รับสิ่งกระตุ้นที่เวลา 1000 ms แล้วกดปุ่ม Scan Data ดังภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการตัดสัญญาณรบกวน

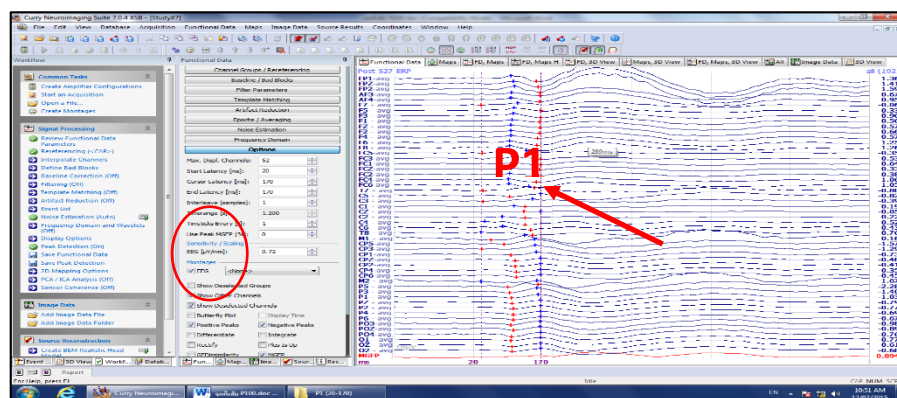
4) ช่วงเวลาที่ใช้ในการตัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อใช้วิเคราะห์ ERPs โดยเลือกที่เมนู Epochs/ Averaging จากหน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 เลือก Event Related Averaging เลือกวิเคราะห์สิ่งเร้าทั้งหมดทุกข้อ ที่เมนู Type ด้วยการเลือก All เลือกช่วงเวลาที่เหมาะสม Pre (MS) -200 (ลบ 200 มิลลิวินาที) และ Post (MS) 1000 (1000 มิลลิวินาที) จากนั้นตัดข้อที่ไม่ต้องการออก แล้วเลือกกด Average All Event Group (IN-Place) โปรแกรมจะตัดคลื่นที่ไม่ต้องการ

ออกจะคงเหลือคลื่นไฟฟ้าสมอง ERPs ในช่วงเวลาที่ต้องการ ตามตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมองที่กำหนด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ดังภาพที่ 3-15



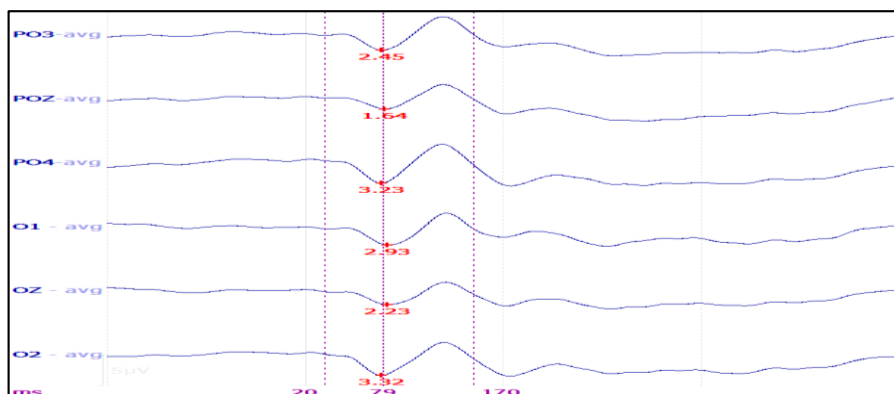
ภาพที่ 3-15 ภาพที่ 3-15 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการตัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ERPs

5) การคำนวณค่าความกว้าง (Latency) และความสูง (Amplitude) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด โดยการเลือกที่เมนู Option ที่หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 กำหนดช่วงเวลาเริ่มต้น (Start Latency) ที่ต้องการคำนวณ คือ 20 - 17 มิลลิวินาที แล้วเลือกกดปุ่ม Positive Peaks และ Negative Peaks จะได้ค่าความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมองที่กำหนด ดังภาพที่ 3-16 และภาพตัวอย่างที่แสดงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 (Peak) ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ช่วงเวลา 30 -190 มิลลิวินาที ที่บริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) ดังภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 หน้าต่างโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 แสดงการคำนวณหาค่าความสูง





ภาพที่ 3-17 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)

6) การบันทึกค่าความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง โดยการเลือกที่เมนู Workflow และเลือกที่ Save Peak Deduction ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูปของ Text File ดังภาพที่ 3-18

# channel labels, positions[mm]	[x y z]	min	max[μV]	latencies[ms]
FP1	29.00 -105.50 32.90	-1.208	1.589	102.000
FP2	-9.00 -112.20 38.30	-0.974	1.575	109.000
FP3	-29.00 -107.50 32.80	-0.919	1.232	104.000
AF3	34.00 -104.90 62.30	-0.684	0.635	103.000
AF4	-36.00 -104.90 62.30	-0.776	0.689	100.000
F7	70.00 -65.10 31.70	-0.834	0.159	109.000
F5	65.00 -73.40 59.90	-0.859	0.350	104.000
F3	51.00 -81.50 86.10	-0.772	0.841	102.000
F1	29.00 -88.70 104.40	-0.484	0.568	101.000
F2	-9.00 -92.60 112.00	-0.520	0.810	100.000
F4	-31.00 -89.70 104.30	-0.446	0.656	100.000
F6	-53.00 -82.30 84.00	-0.100	1.039	98.000
F8	-66.00 -74.30 58.80	-0.542	1.019	98.000
F8	-70.00 -64.10 31.80	-0.261	1.434	95.000
FC5	77.00 -44.30 69.30	-0.769	-0.091	113.000
FC3	63.00 -53.10 101.50	-0.669	0.398	105.000
FC1	35.00 -58.20 128.10	-0.405	0.552	101.000
FC2	-0.00 -61.40 137.80	-0.345	0.546	98.000
FC4	-36.00 -60.30 128.90	-0.257	0.460	99.000
FC4	-65.00 -54.10 101.40	-0.342	0.899	91.000
FC6	-77.00 -44.20 68.30	-0.378	0.748	85.000
T7	85.00 -6.50 38.50	-1.633	0.219	134.000
C5	84.00 -12.00 77.10	-1.772	1.329	170.000
C3	71.00 -17.60 116.70	-0.548	0.102	115.000
C1	39.00 -21.90 144.40	-0.168	0.305	102.000
CZ	-1.00 -23.30 156.40	-0.045	0.146	20.000
C2	-41.00 -21.70 143.40	-0.069	0.482	43.000

ภาพที่ 3-18 หน้าต่างโปรแกรม Notepad แสดงการบันทึกค่าความกว้างและความสูง ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง ในรูปของ Text File

7) แปลง Text File ให้อยู่ในรูปของ Excel File เพื่อให้ได้ค่าความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป ดังภาพที่ 3-19

#	ch	time domain	annel	els, t	ested sa	mplies														
5	#ch	annel	lab	els, pos	itions(mvr)	min max	(FV)	lat	encies(ms)											
6	FP1	29	-106.5	32.9	-1.208	1.585	102	170												
7	FP2	0	-112.2	38.3	-0.974	1.575	109	169												
8	FP2	-29	-107.5	32.8	-0.979	1.232	104	164												
9	AF3	34	-104.9	62.3	-0.694	0.625	103	170												
10	AF4	-36	-104.9	62.3	-0.776	0.689	100	165												
11	F7	70	-65.1	31.7	-0.834	0.159	109	169												
12	F5	65	-73.4	59.9	-0.859	0.35	104	170												
13	F3	51	-61.5	86.1	-0.772	0.841	102	170												
14	F1	29	-88.7	104.4	-0.484	0.568	101	170												
15	FZ	0	-92.6	112	-0.52	0.83	100	170												
16	F2	-31	-69.7	104.3	-0.446	0.656	100	169												
17	F4	-53	-82.3	84	-0.1	1.039	98	170												
18	F6	-66	-74.3	58.8	-0.542	1.019	98	164												
19	F8	-70	-64.1	31.8	-0.261	1.434	95	163												
20	FC5	77	-44.3	69.3	-0.789	-0.091	113	170												
21	FC3	63	-53.1	101.5	-0.669	0.388	105	170												
22	FC1	35	-58.2	128.1	-0.465	0.522	102	170												
23	FCZ	0	-61.4	137.8	-0.345	0.546	98	170												

ภาพที่ 3-19 หน้าต่างโปรแกรม Excel แสดงการบันทึกค่าความกว้างและความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ในทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของสมอง

8) นำข้อมูลของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ เป็นค่าความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจและจัดกระทำข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยการเปรียบเทียบค่าความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง ระยะก่อนกับหลังใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ของกลุ่มรับโปรแกรม และระหว่างกลุ่มใช้กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ด้วยโปรแกรม SPSS

9) ข้อมูลพฤติกรรมที่บันทึกจากโปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup> ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ มีรายละเอียดดังนี้

9.1) ความถูกต้องของการตอบสนอง จากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ มีเกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูกให้เป็น 1 คะแนน ตอบผิดให้เป็น 0 คะแนน

9.2) เวลาปฏิกริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ คือ เวลาตั้งแต่ที่สิ่งเร้าปรากฏจนกระทั่งกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มตอบสนอง มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที โดยนำเฉพาะเวลาที่ได้จากการตอบถูกเท่านั้น มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อที่ตอบถูกต้อง ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคล

### 5.3 นำข้อมูลที่จัดเตรียมมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ทั้งด้านพฤติกรรมและการทำงานของสมอง จำแนกการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ด้วยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.3.2 ข้อมูลที่ได้ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ นำมาดำเนินการ ดังนี้

1) เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง

แบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ด้วยสถิติทดสอบที (Dependent *t*-test)

2) เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ด้วยสถิติทดสอบที (Independent *t*-test)

3) เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีด้วยสถิติทดสอบที (Independent *t*-test)

4) เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ด้วยสถิติทดสอบที (Independent *t*-test)

5) วิเคราะห์ขนาดอิทธิพลระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขนาดอิทธิพล (Effect Size: *ES*) ซึ่งพิจารณาจากค่า  $\eta^2$  (Privitera, 2011, p. 275)

ขนาดอิทธิพล	$\eta^2$
น้อยที่สุด	$\eta^2 < .01$
น้อย	$.01 < \eta^2 < .09$
ปานกลาง	$.10 < \eta^2 < .25$
มาก	$\eta^2 > .25$

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และเปรียบเทียบผลของการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและการไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

ตอนที่ 3 ผลการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

1. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

3. ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

4. ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา หลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

$n$  หมายถึง ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

$M$  หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

$SD$  หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$df$  หมายถึง องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

$p$  หมายถึง ค่าความน่าจะเป็น (Probability)

$t$  หมายถึง ค่าสถิติทดสอบที

ES	หมายถึง	ขนาดอิทธิพล (Effect Size)
F	หมายถึง	ค่าสถิติเอฟ
MS	หมายถึง	ความแปรปรวน (Mean Square)
SS	หมายถึง	ผลรวมคะแนนเบี่ยงเบนแต่ละตัวยกกำลังสอง (Sum of Squares)

### ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ประวัติการเจ็บป่วยทางจิต การมองเห็น การได้ยิน ความถนัดในการใช้มือ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามกลุ่ม

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรก สอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats		กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่น เสียง		กลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟัง ดนตรี		รวม	
	(n=20)		(n=20)		(n=20)		(n=60)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
<b>เพศ</b>								
ชาย	4	20.0	2	10	-	-	6	10.0
หญิง	16	80.0	18	90	20	100	54	90.0
<b>อายุ</b>								
15 ปี	6	30.0	5	25.0	5	25.0	16	26.7
16 ปี	10	50.0	10	50.0	11	55.0	31	51.7
17 ปี	3	15.0	4	20.0	4	20.0	11	18.3
18 ปี	1	5.0	1	5.0		0	2	3.3
<b>การได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้าง</b>								
ปกติ	20	100	20	100	20	100	60	100
<b>การมองเห็น</b>								
ปกติ	20	100	20	100	20	100	60	100
<b>ความถนัดในการใช้มือ</b>								
มือขวา	20	100	20	100	20	100	60	100

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรก สอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats		กลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอดคลื่น เสียง		กลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟัง ดนตรี		รวม	
	(n=20)		(n=20)		(n=20)		(n=60)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ประสบการณ์ฝึก การเพิ่มความใส่ใจ ไม่มี	20	100	20	100	20	100	60	100

จากตารางที่ 4-1 กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง ร้อยละ 90 เพศชาย ร้อยละ 10 ส่วนใหญ่ อายุ 16 ปี ร้อยละ 51.7 กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 100 มีการได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้างปกติและมีการมองเห็นปกติ รวมถึงทั้งหมดถนัดในการใช้มือขวาและไม่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกการเพิ่มความใส่ใจมาก่อน

## ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นจากดนตรีบรรเลงที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างพึงพอใจ ชื่อเพลงการเดินทาง จำนวน 1 เพลง ความยาว 20 นาที และกำหนดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความถี่ของลำโพงหูข้างซ้ายที่ 100 Hz กับลำโพงหูข้างขวา 110 Hz ความดังกำหนด 73 dB บันทึกพร้อมเสียงดนตรีในรูปแบบไฟล์เพลง Mp3 สำหรับเล่นด้วยเครื่องเล่น Nano Mp3 รับฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ด้วยหูฟังติดต่อกันเป็นเวลา 14 วัน วันละ 20 นาที ซึ่งผลการประเมินโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อเพิ่มความใฝ่ใจนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงจัดทำขึ้นจากดนตรีบรรเลงเดียวกัน ความยาว 20 นาที กำหนดความดังที่ 73 dB บันทึกในรูปแบบไฟล์เพลง Mp3 แสดงได้ดังตาราง 4-2

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบการตั้งค่าไฟล์เสียงโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

การตั้งค่า	โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	โปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง
จำนวนดนตรี	1 เพลง	1 เพลง
เวลาฟัง	20 นาที	20 นาที
ระดับความดัง (Acoustic Pressure Level)	73 dB	73 dB
โทนเสียง ( Tone )	Medium	Medium
ระบบเสียง (Sound system)	Stereo	Stereo
เสียงก้องวาน (Echo)	0.0	0.0
เบส (Base)	Medium	Medium
คลื่นเสียงที่ลำโพงซ้าย Left Frequency	100 Hz	-
คลื่นเสียงที่ลำโพงขวา Right Frequency	110 Hz	-

จากตาราง 4-2 องค์ประกอบการตั้งค่าไฟล์เสียงโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง กำหนดค่าระดับความดัง โทนเสียง ระบบเสียง เสียงก้องวาน และเบส ที่ค่าเดียวกันทั้ง 2 โปรแกรม

ส่วนผลการประเมินโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 29 ข้อ มีค่า CVI = 1 และโดยรวมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ( $M = 4.78, SD = 0.42$ ) และพิจารณารายด้านมีคะแนนความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ดังนี้ ด้านรายชื่อเพลง ( $M = 4.75, SD = 0.44$ ) ด้านเสียงดนตรี ( $M = 4.88, SD = 0.34$ ) ด้านจังหวะ ( $M = 4.75, SD = 0.46$ ) ด้านทำนอง ( $M = 4.83, SD = 0.39$ ) ด้านวิธีการใช้โปรแกรม ( $M = 4.67, SD = 0.49$ ) และด้านรูปแบบการใช้งาน ( $M = 4.81, SD = 0.40$ ) สรุปได้ว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มความสนใจในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

### ตอนที่ 3 ผลการเพิ่มความสนใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้น

ผลของการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อเพิ่มความสนใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แสดงดังตารางที่ 4-3 และ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลองในแต่ละกลุ่ม

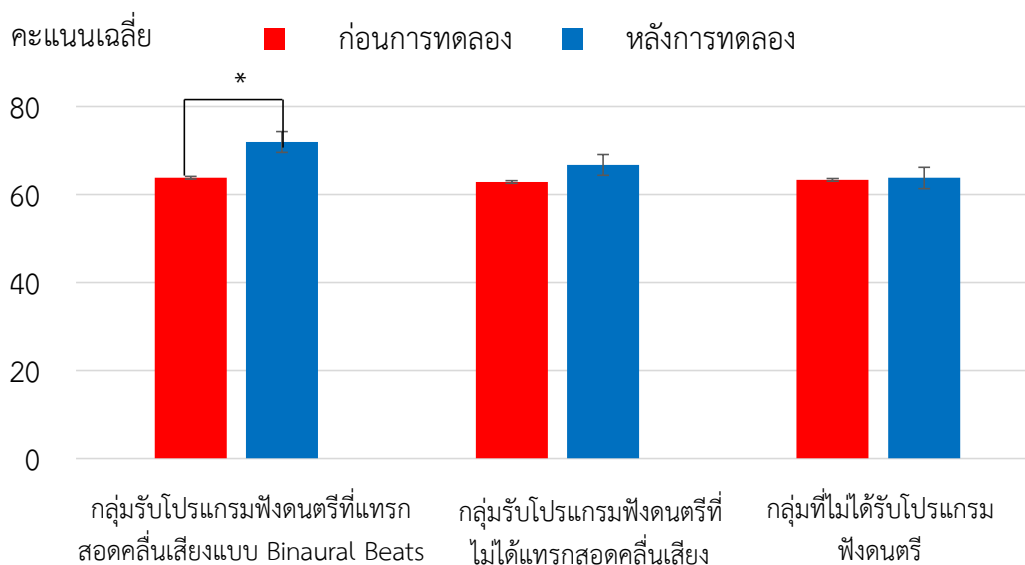
กลุ่ม ระยะเวลา	คะแนนความถูกต้องของความใส่ใจ					
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats						
ก่อนการทดลอง	20	63.85	12.27	19	3.77**	.00
หลังการทดลอง	20	71.90	11.02			
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง						
ก่อนการทดลอง	20	62.85	16.83	19	1.33	.20
หลังการทดลอง	20	66.75	12.98			
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี						
ก่อนทดลอง	20	63.30	12.32	19	.25	.81
หลังทดลอง	20	63.75	8.80			

\*\* $p < .01$

จากตารางที่ 4-3 ปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังที่ดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความถูกต้องของคะแนนความใส่ใจมากกว่า ก่อนรับโปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความถูกต้องของการตอบขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แสดงว่าโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของกลุ่มทดลองได้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2-4 แสดงเป็นกราฟแท่ง ดังภาพที่ 4-1



### คะแนนเฉลี่ยความใส่ใจ



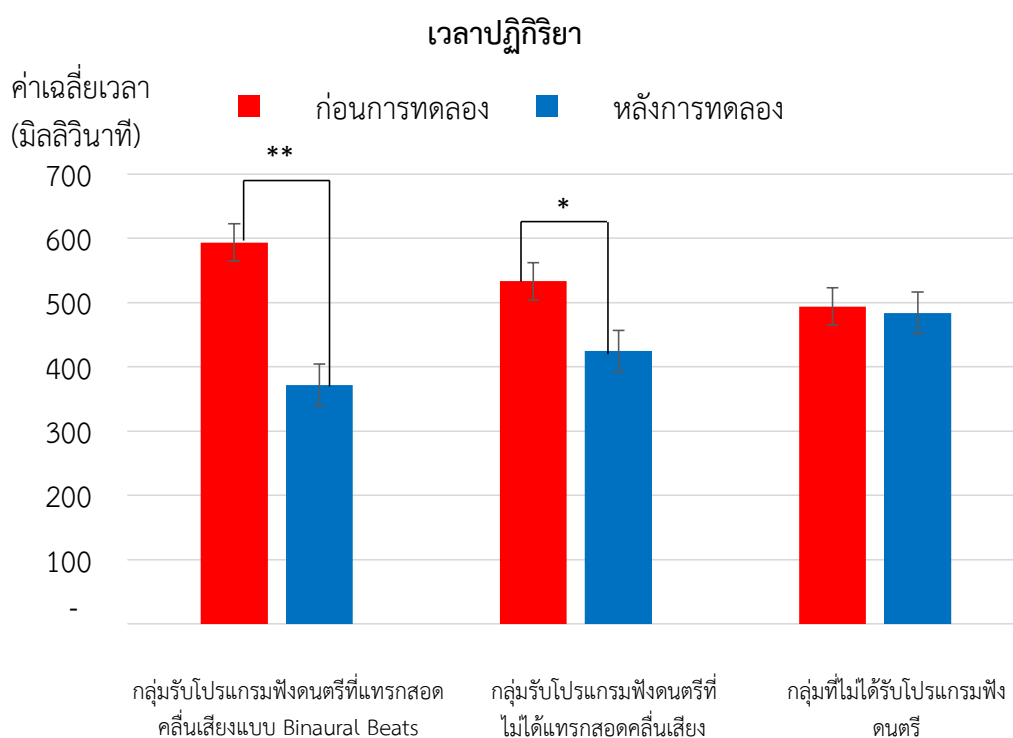
ภาพที่ 4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบเวลาปฏิบัติการ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	เวลาปฏิบัติการ					
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats						
ก่อนการทดลอง	20	593.50	199.94	19	4.85**	.00
หลังการทดลอง	20	371.65	87.36	19		
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง						
ก่อนการทดลอง	20	533.35	173.68	19	3.16*	.01
หลังการทดลอง	20	424.55	120.96	19		
กลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี						
ก่อนการทดลอง	20	493.60	164.47	19	.57	.58
หลังการทดลอง	20	484.00	131.43	19		

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

จากตารางที่ 4-4 ปรากฏว่า ระยะหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5 กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฝึกเวลาปฏิกิริยาก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 7 สามารถแสดงเป็นกราฟแห่งดั่งภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยา ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม

2. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-5 ถึง 4-7

ตารางที่ 4-5 การทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

Statistical Test	Value	F	p	
Box'M Test	6.88	1.09	.37	
Levene's Test of Equality of Error Variances				
ความใส่ใจ	F	df1	df2	p
ความถูกต้องของการตอบสนอง	1.84	2	57	.17
เวลาปฏิกริยา	2.43	2	57	.10

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-5 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลอง ผลการทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ Box'M Test of Equality of Covariance Matrice พบว่า ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ระหว่าง 3 กลุ่ม มีค่า  $p$  เท่ากับ .37 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องของการตอบสนองและเวลาปฏิกริยา โดยใช้สถิติทดสอบ Levene's Test of Equality of error Variances พบว่า ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความถูกต้องและเวลาปฏิกริยาไม่มีระดับนัยสำคัญที่ .05 ( $p = .17, p = .10$ ) แสดงว่า ข้อมูลแต่ละตัวแปรมีเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน จึงสามารถนำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณได้

ตารางที่ 4-6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ระยะหลังการทดลอง

#### Multivariate Tests

	Value	F	Hypothesis df	Error df	p	ES
Wilks' Lambda	.81	3.03*	4	112	.02	.10

#### Tests of Between-Subjects Effects

ความใส่ใจ	SS	df	Mean Square	F	p	ES
ความถูกต้องของการตอบ	679.63	2	339.82	2.78	.07	.09
เวลาปฏิกิริยา	126368.23	2	63184.12	4.80*	.01	.14

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

จากตารางที่ 4-6 ปรากฏว่า หลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณความใส่ใจจากคะแนนความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า Wilks' Lambda เท่ากับ 3.03 ( $p = .02$ ) และมีขนาดอิทธิพลระดับเล็กน้อย ( $ES = .09$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความใส่ใจแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบแต่ละตัวแปรต่อไป

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความถูกต้องของการตอบ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = .07$ ) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ข้อ 8 ส่วนเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = .01$ ) และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .14$ ) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการวิเคราะห์รายคู่ต่อไป ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบรายคู่ เวลาปฏิบัติกิจกรรมท่ากิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

กลุ่ม	M	1	2	3
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ของเวลาปฏิบัติ		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	371.65		52.90	112.35*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	424.55		-	59.45
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	484.00		-	-

\* $p < .05$ 

จากตารางที่ 4-7 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิบัติกิจกรรมท่ากิจกรรมทดสอบความใ้ใจน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 9 บางส่วน

3. ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

3.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังตารางที่ 4-8 ถึง 4-25 และ ภาพที่ 43 ถึง 4-19

ตารางที่ 4-8 การทดสอบความแตกต่างของเมตริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	Value	F <sub>Box's M</sub>	p
C5	7.59	1.20	.30
C3	11.22	1.76	.10
C1	9.84	1.56	.16
Cz	17.26	2.73*	.01
C2	3.55	.56	.76

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	Value	F <sub>Box's M</sub>	p
C4	.51	.08	.10
C6	4.44	.70	.65

\* $p < .05$ 

จากตารางที่ 4-8 ปรากฏว่า หลังการทดลอง ผลการทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ Box'M Test of Equality of Covariance Matrices รายขั้วไฟฟ้าสมอง เป็นดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .30 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C3 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .10 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C1 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .16 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Cz ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .01 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C2 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ

กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .76 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C4 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .10 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C6 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .65 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของ 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-9 การตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	Likelihood Ratio	Approx. Chi-Square	$p$
C5	.00	194.81**	.00
C3	.00	172.60**	.00
C1	.00	184.78**	.00
Cz	.00	145.77**	.00
C2	.00	174.85**	.00
C4	.00	169.65**	.00
C6	.00	181.36**	.00

\*\*  $p < .01$

จากตารางที่ 4-9 ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยการตรวจสอบรายขั้วไฟฟ้าสมอง เป็นดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ .00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 194.81 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C3 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 172.60 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C1 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 184.78 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Cz สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 145.77 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C2 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 174.85 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C4 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 169.65 ( $p < .01$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C6 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ

.00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 181.36 ( $p < .01$ )

ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ชี้ให้เห็นว่า เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 หมายความว่า มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองในขั้นต่อไปได้

ตารางที่ 4-10 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	ความใส่ใจ	<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
C5	ความสูง	1.54	2	57	.22
	ความกว้าง	.53	2	57	.59
C3	ความสูง	3.26*	2	57	.04
	ความกว้าง	.482	2	57	.62
C1	ความสูง	2.15	2	57	.13
	ความกว้าง	2.34	2	57	.11
Cz	ความสูง	1.53	2	57	.23
	ความกว้าง	2.69	2	57	.08
C2	ความสูง	2.42	2	57	.10
	ความกว้าง	.42	2	57	.66
C4	ความสูง	.49	2	57	.62
	ความกว้าง	.11	2	57	.89

\* $p < .05$



จากตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี รายชั่วโมงไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = 1.54, p = .22$  และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมองมีค่า  $F = 53, p = .59$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C3 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = 3.26, p = .04$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = .48, p = .62$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C1 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = 2.15, p = .13$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = 2.34, p = .11$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Cz การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = 1.53, p = .23$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = 2.69, p = .08$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C2 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = 2.42, p = .10$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = .42, p = .66$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C4 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = .49, p = .62$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = .11, p = .89$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C6 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test ความสูงของคลื่นมีค่า  $F = .01, p = .99$  และความกว้างของคลื่นมีค่า  $F = .03, p = .98$  ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะ  
ทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1  
Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ  
Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ  
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าสมอง	Statistical Test	Value	F	Hypothesis	df	Error df	p	ES
C5	Wilks' Lambda	.92	1.24	4.00	112.00	.30	.04	
C3	Wilks' Lambda	.80	3.24*	4.00	112.00	.02	.10	
C1	Wilks' Lambda	.75	4.45**	4.00	112.00	.00	.14	
Cz	Wilks' Lambda	.67	6.23**	4.00	112.00	.00	.18	
C2	Wilks' Lambda	.70	5.54**	4.00	112.00	.00	.17	
C4	Wilks' Lambda	.64	7.06**	4.00	112.00	.00	.20	
C6	Wilks' Lambda	.67	6.26**	4.00	112.00	.00	.18	

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

จากตารางที่ 4-11 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลอง ผลการเปรียบเทียบของความสูงและ  
ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ  
Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรม  
ฟังดนตรี รายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C5 มีค่า Wilks' Lambda = .92,  $F = 1.24$  ( $p = .30$ ) ไม่มี  
นัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .04$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรก  
สอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่  
ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรม  
ทดสอบความใส่ใจไม่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 มีค่า Wilks' Lambda = .80,  $F = 3.24$  ( $p = .02$ ) มีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .10$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด  
คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้  
รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ  
ความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C1 มีค่า Wilks' Lambda = .75,  $F = 4.45$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .14$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด  
คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้  
รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ  
ความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Cz มีค่า Wilks' Lambda = .67,  $F = 6.23$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .18$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C2 มีค่า Wilks' Lambda = .70,  $F = 5.54$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .17$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C4 มีค่า Wilks' Lambda = .64,  $F = 7.06$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .20$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C6 มีค่า Wilks' Lambda = .67,  $F = 6.26$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .18$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน จึงทำการทดสอบด้านที่แตกต่างกันต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 การทดสอบ Univariate Test ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า	ตัวแปรตาม	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p	ES
C5	ความสูง	Contrast	2.43	2	1.22	.28	.76	.01
		Error	249.30	57	4.37			
	ความกว้าง	Contrast	2196.13	2	1098.07	2.06	.14	.07
		Error	30446.60	57	534.15			

ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ตัวแปรตาม	แหล่งความ แปรปรวน	SS	df	MS	F	p	ES
C3	ความสูง	Contrast	26.43	2	13.22	2.76	.07	.09
		Error	272.55	57	4.78			
	ความกว้าง	Contrast	2843.20	2	1421.60	3.53*	.04	.11
		Error	22974.40	57	403.06			
C1	ความสูง	Contrast	32.53	2	16.27	4.17*	.02	.13
		Error	222.45	57	3.90			
	ความกว้าง	Contrast	4876.90	2	2438.45	5.89*	.01	.17
		Error	23600.75	57	414.05			
Cz	ความสูง	Contrast	77.03	2	38.52	4.40*	.02	.13
		Error	499.55	57	8.76			
	ความกว้าง	Contrast	9963.10	2	4981.55	11.44**	.00	.29
		Error	24830.15	57	435.62			
C2	ความสูง	Contrast	46.43	2	23.22	4.80*	.01	.14
		Error	275.90	57	4.84			
	ความกว้าง	Contrast	7113.73	2	3556.87	8.34**	.00	.23
		Error	24311.20	57	426.51			
C4	ความสูง	Contrast	77.70	2	38.85	7.51**	.00	.21
		Error	294.90	57	5.17			
	ความกว้าง	Contrast	6392.23	2	3196.12	7.66**	.00	.21
		Error	23795.70	57	417.47			
C6	ความสูง	Contrast	84.13	2	42.07	9.48**	.00	.25
		Error	252.85	57	4.44			
	ความกว้าง	Contrast	3899.20	2	1949.60	4.40*	.02	.13
		Error	25256.40	57	443.10			

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

จากตารางที่ 4-12 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลอง ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของ ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่ม ที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี รายขั้วไฟฟ้าสมอง เป็นดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C5 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 1.24$  ( $p = .76$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .04$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 2.06$  ( $p = .14$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .07$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 2.76$  ( $p = .07$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับเล็กน้อย ( $ES = .01$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 3.53$  ( $p = .04$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .11$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C1 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 4.17$  ( $p = .02$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .13$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 5.89$  ( $p = .01$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .17$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Cz ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 4.40$  ( $p = .02$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .13$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 11.44$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับมาก ( $ES = .29$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C2 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 4.80$  ( $p = .01$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .14$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 8.34$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .23$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C4 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 7.51$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .21$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 7.66$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .21$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C6 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 9.48$  ( $p = .00$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .25$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 มีค่า  $F = 4.40$  ( $p = .02$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .13$ )

ในภาพรวมเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 10 ที่ว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี และสมมติฐานข้อที่ 11 ที่ว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

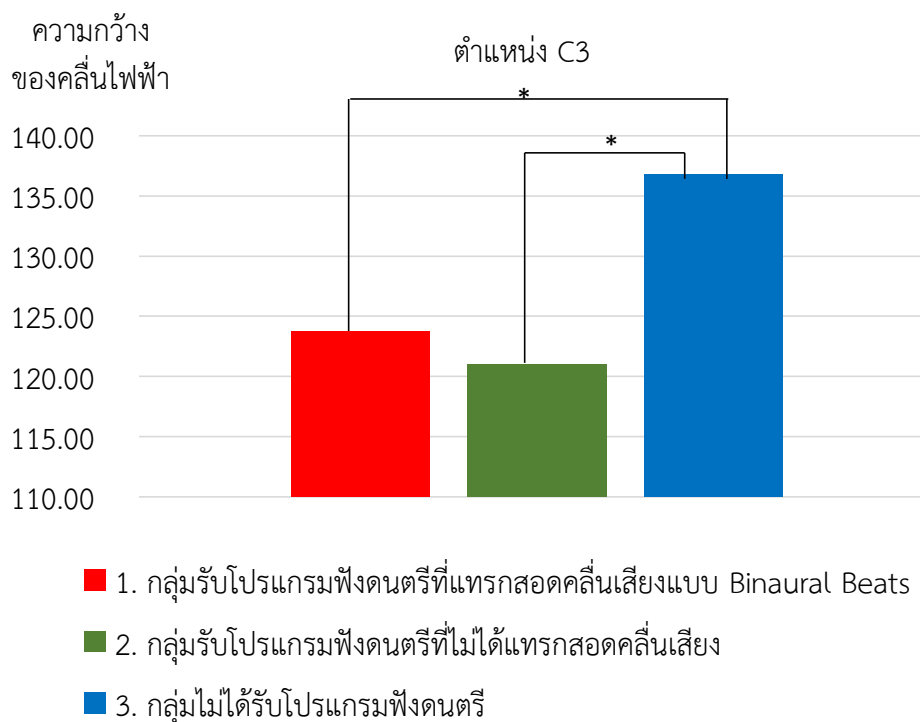
จากตารางที่ 4-12 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมองที่มีความกว้างหรือความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ แต่ละตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง โดยใช้สถิติ *LSD* ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4-13 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C3

กลุ่ม	M	1	2	3
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	123.80	-	2.80	13.00*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	121.00	-	-	15.80*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	136.80	-	-	-

\* $p < .05$ 

จากตารางที่ 4-13 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C3 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-3



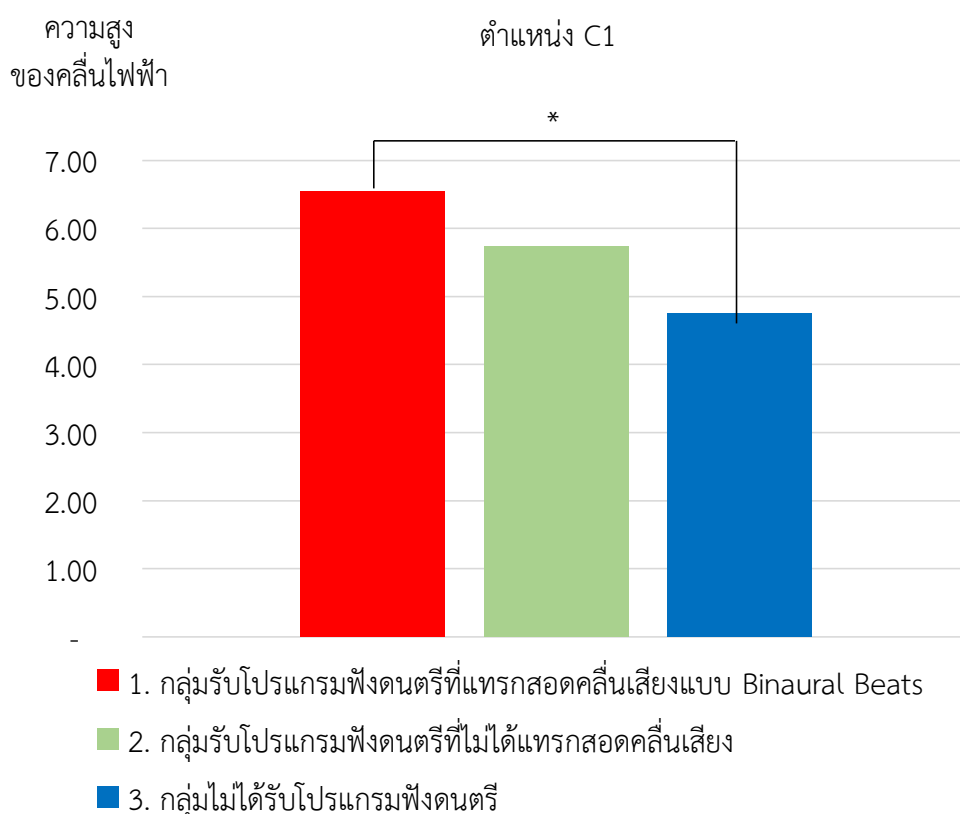
ภาพที่ 4-3 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C3

ตารางที่ 4-14 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	6.55	-	.80	1.80*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	5.75	-	-	1.00
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	4.75	-	-	-

\* $p < .05$ 

จากตารางที่ 4-14 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ดังแสดงในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1

ตารางที่ 4-15 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1

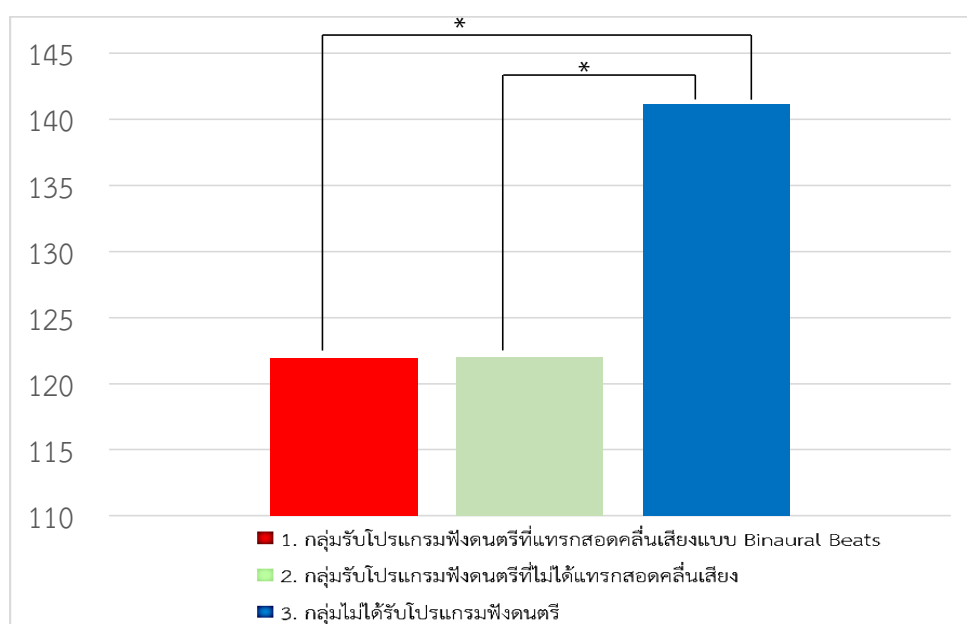
กลุ่ม	M	1	2	3
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	121.95	-	.05	19.15*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	122.00	-	-	19.10*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	141.10	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-15 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-5

ความกว้างของ  
คลื่นไฟฟ้า

ตำแหน่ง C1



ภาพที่ 4-5 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C1

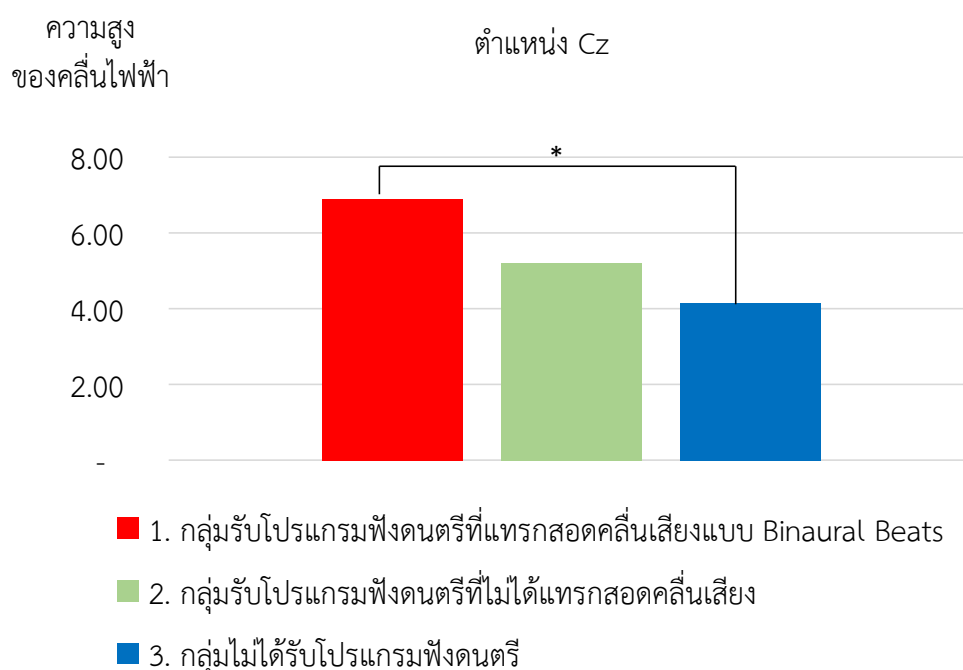


ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz

กลุ่ม	M	1	2	3
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	6.90	-	1.70	2.75*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	5.20	-	-	1.05
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	4.15	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-16 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ดังแสดงในภาพที่ 4-6



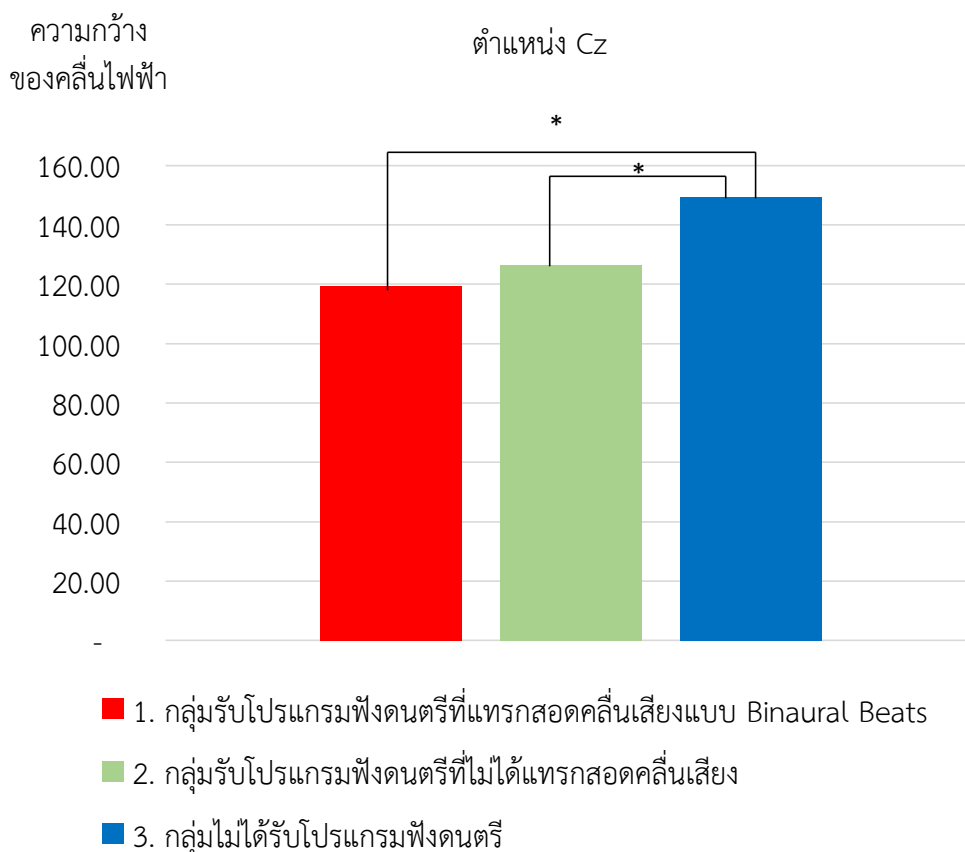
ภาพที่ 4-6 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz

ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz

กลุ่ม	M	1	2	3
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	119.30	-	7.15	30.20*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	126.45	-	-	23.05*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	149.50	-	-	-

\* $p < .05$ 

จากตารางที่ 4-17 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Cz

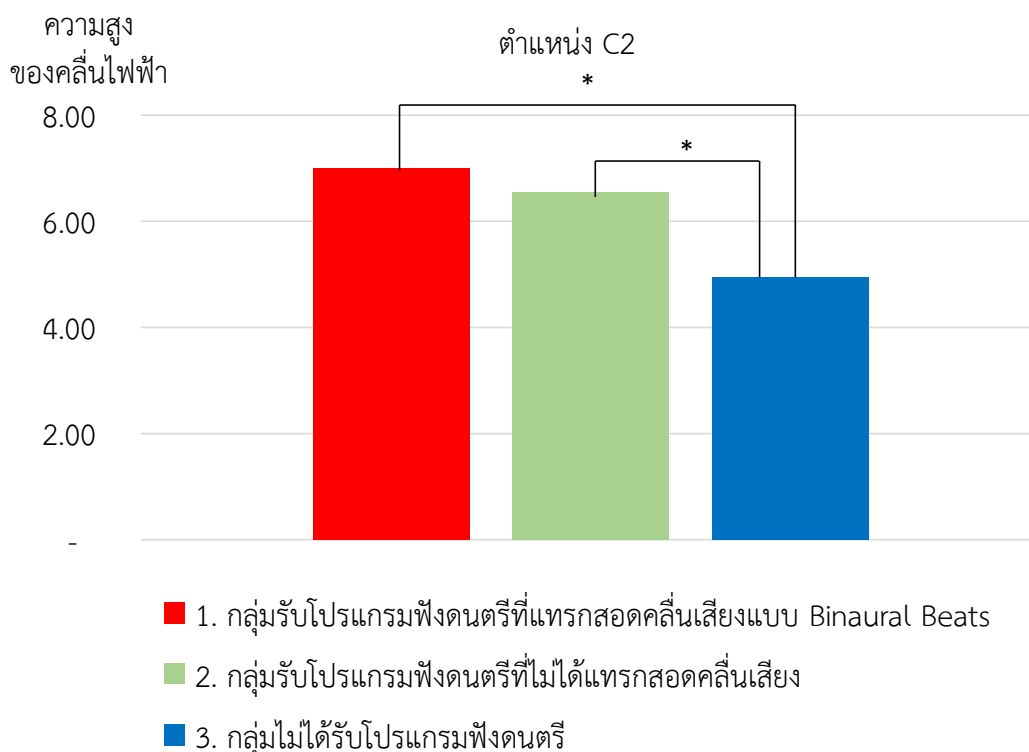
ตารางที่ 4-18 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats	7.00	-	.45	2.05*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอด คลื่นเสียง	6.55	-	-	1.60*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	4.95	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-18 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าที่ C2

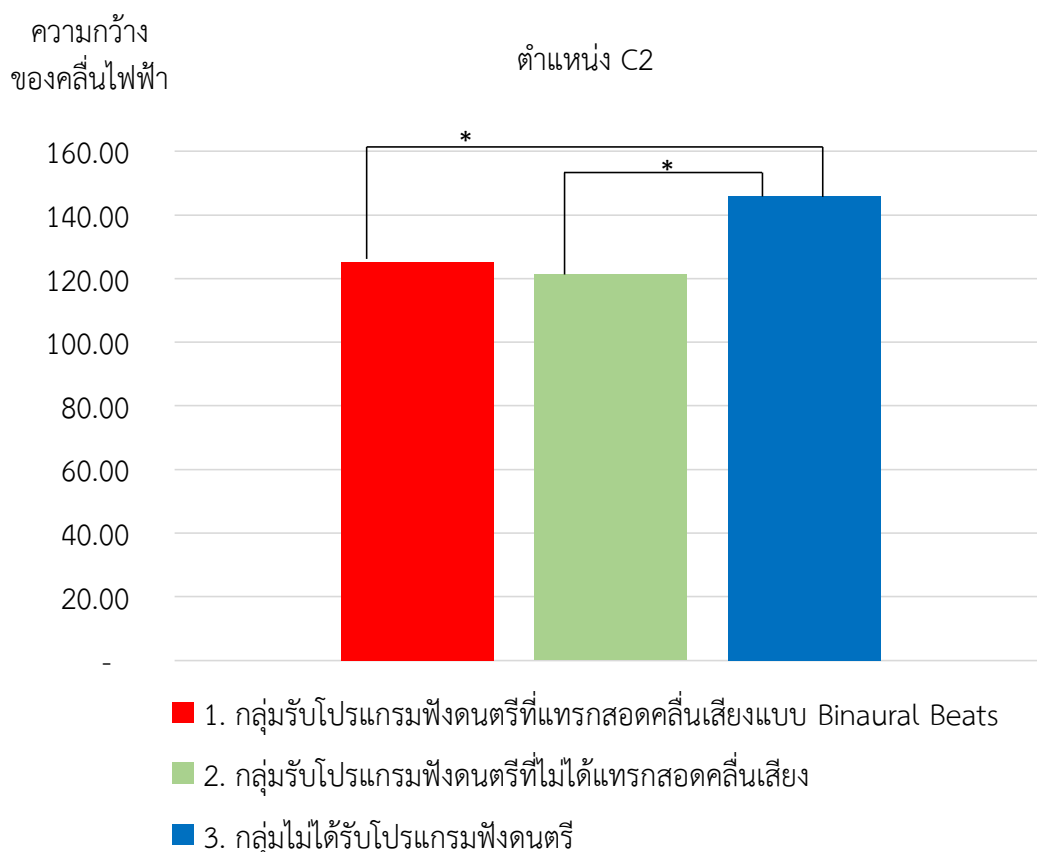
ตารางที่ 4-19 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	125.20	-	3.90	20.90*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	121.30	-	-	24.80*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	146.10	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-19 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-9



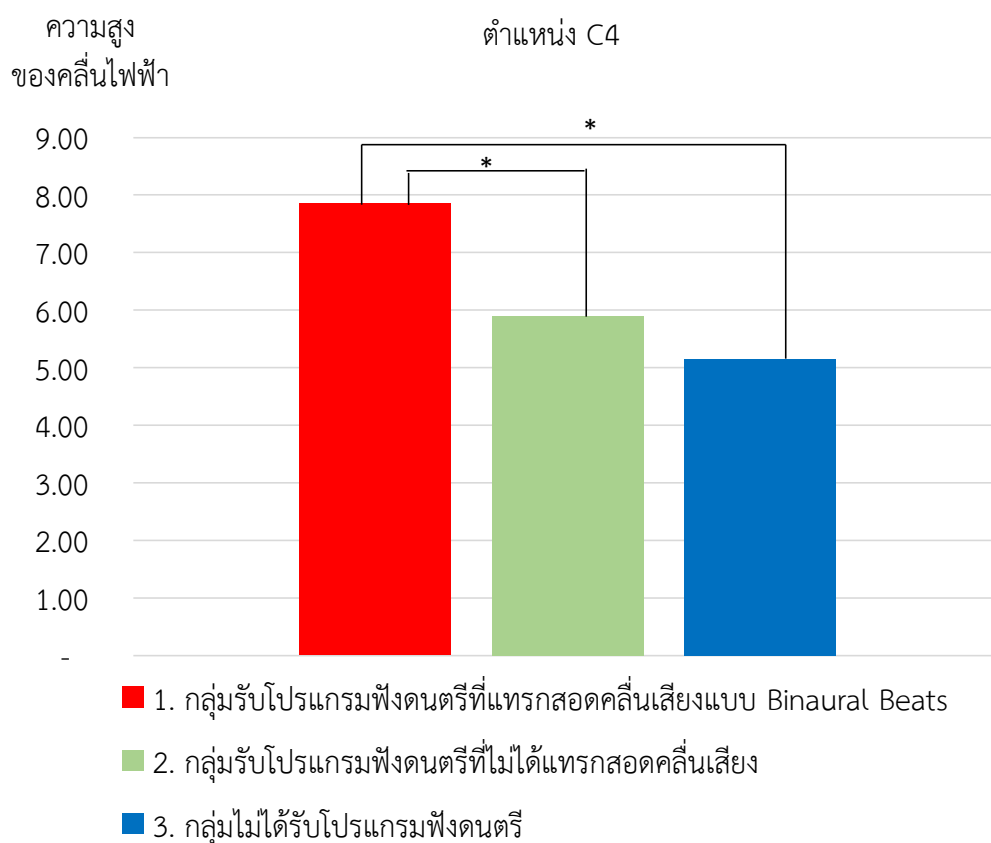
ภาพที่ 4-9 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C2

ตารางที่ 4-20 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	7.85	-	1.95*	2.70*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	5.90	-	-	.75
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	5.15	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-20 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ดังแสดงในภาพที่ 4-10



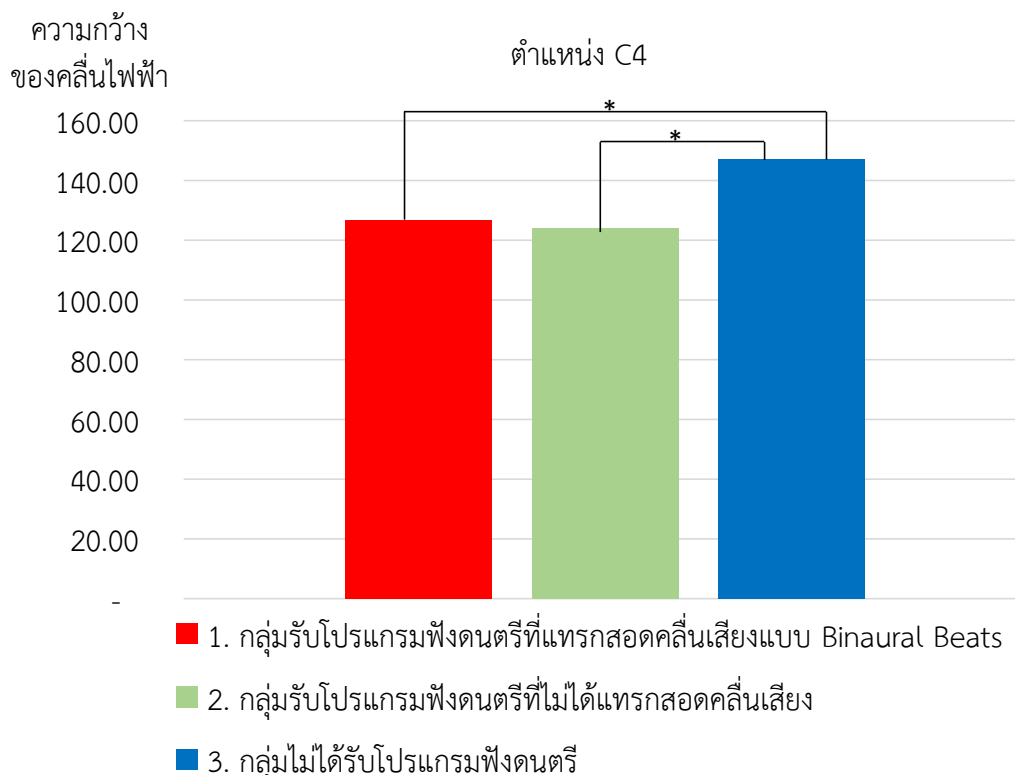
ภาพที่ 4-10 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4

ตารางที่ 4-21 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	126.70	-	2.65	20.45*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	124.05	-	-	23.10*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	147.15	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-21 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-11



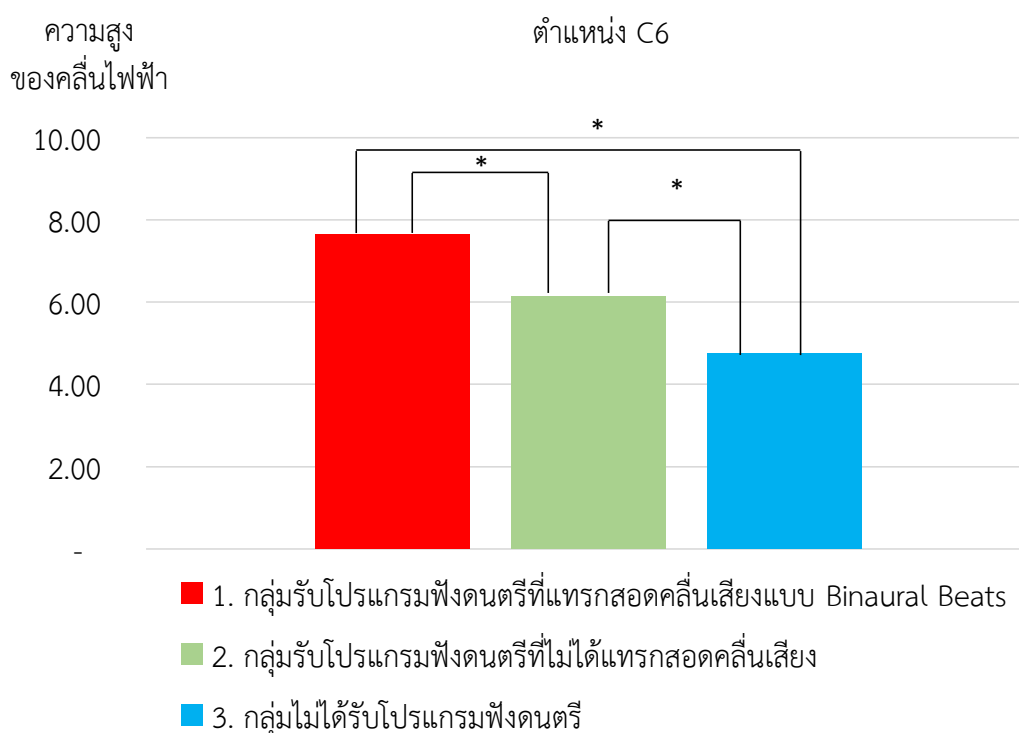
ภาพที่ 4-11 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C4

ตารางที่ 4-22 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	7.65	-	1.50*	2.90*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	6.15	-	-	1.40*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	4.75	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-22 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6

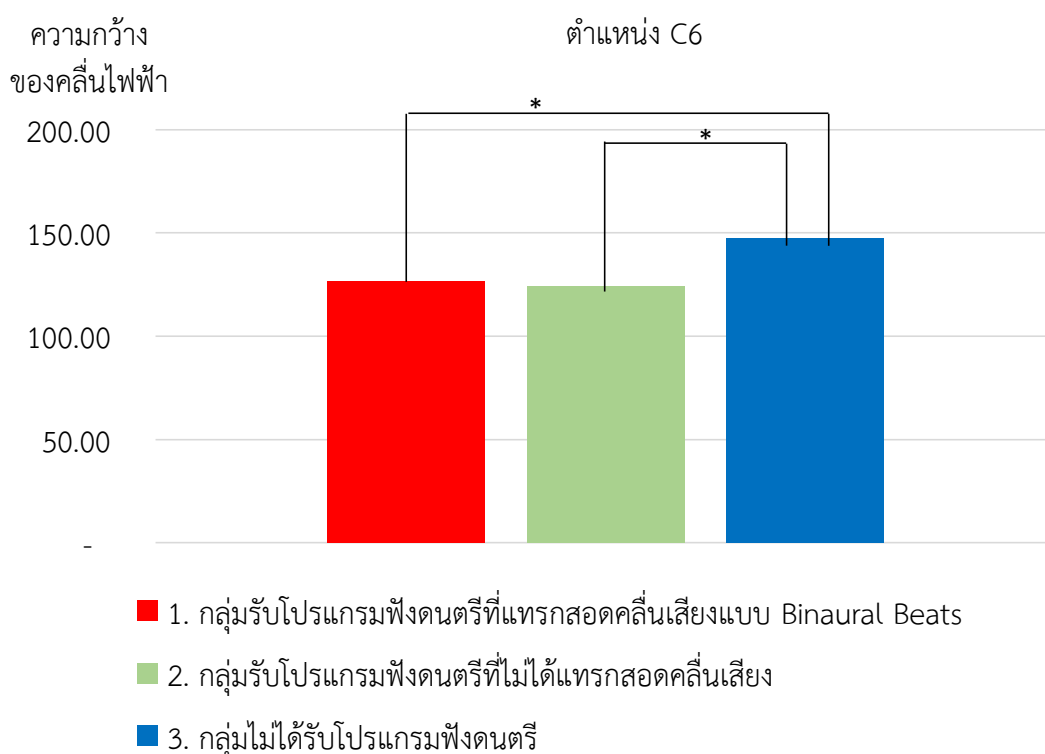
ตารางที่ 4-23 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	130.00	-	.20	17.20*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	130.20	-	-	17.00*
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	147.20	-	-	-

\* $p < .05$



จากตารางที่ 4-23 ผลการเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4-13



ภาพที่ 4-13 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ C6

3.2 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ แสดงได้ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ  
 ความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด  
 คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง  
 และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง

กลุ่ม	ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า สมอง	ระยะเวลา	ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
กลุ่มรับ โปรแกรม ฟังดนตรีที่ แทรกสอด คลื่นเสียง แบบ Binaural Beats	C5	ก่อน	4.05	2.93	1.50	2.66*	.02
		หลัง	5.55	1.88			
	C3	ก่อน	4.70	3.06	2.00	2.94*	.01
		หลัง	6.70	1.56			
	C1	ก่อน	4.30	2.66	2.25	3.29**	.00
		หลัง	6.55	1.47			
	Cz	ก่อน	4.05	2.86	2.85	4.33**	.00
		หลัง	6.90	1.80			
	C2	ก่อน	4.50	2.71	2.50	3.94**	.00
		หลัง	7.00	1.92			
	C4	ก่อน	4.90	2.95	2.95	4.04**	.00
		หลัง	7.85	2.08			
C6	ก่อน	5.40	3.32	2.25	3.03*	.01	
	หลัง	7.65	2.16				
กลุ่มรับ โปรแกรมฟัง ดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอด คลื่นเสียง	C5	ก่อน	4.30	1.56	0.85	1.76	.10
		หลัง	5.15	1.87			
	C3	ก่อน	4.70	1.75	0.95	1.90	.07
		หลัง	5.65	2.08			
	C1	ก่อน	4.55	1.91	1.20	2.37*	.03
		หลัง	5.75	2.05			
	Cz	ก่อน	4.40	1.70	0.80	0.88	.39
		หลัง	5.20	3.71			
	C2	ก่อน	4.65	1.63	1.90	3.47**	.00
		หลัง	6.55	1.93			

ตารางที่ 4-24 (ต่อ)

กลุ่ม	ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า สมอง	ระยะเวลา	ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
C4		ก่อน	4.50	1.61	1.40	2.50*	.02
		หลัง	5.90	2.38			
C6		ก่อน	4.60	1.82	1.55	3.28**	.00
		หลัง	6.15	2.03			
กลุ่มที่ ไม่ได้รับ โปรแกรม ฟังดนตรี	C5	ก่อน	4.35	1.73	0.75	1.31	.20
		หลัง	5.10	2.47			
C3		ก่อน	4.30	1.56	0.80	1.22	.24
		หลัง	5.10	2.75			
C1		ก่อน	4.20	1.36	0.55	1.19	.25
		หลัง	4.75	2.31			
Cz		ก่อน	4.20	2.02	0.05	0.08	.94
		หลัง	4.15	3.05			
C2		ก่อน	4.45	1.61	0.50	1.03	.32
		หลัง	4.95	2.67			
C4		ก่อน	4.40	1.96	0.75	2.16*	.04
		หลัง	5.15	2.35			
C6		ก่อน	4.35	1.93	0.40	1.14	.27
		หลัง	4.75	2.12			

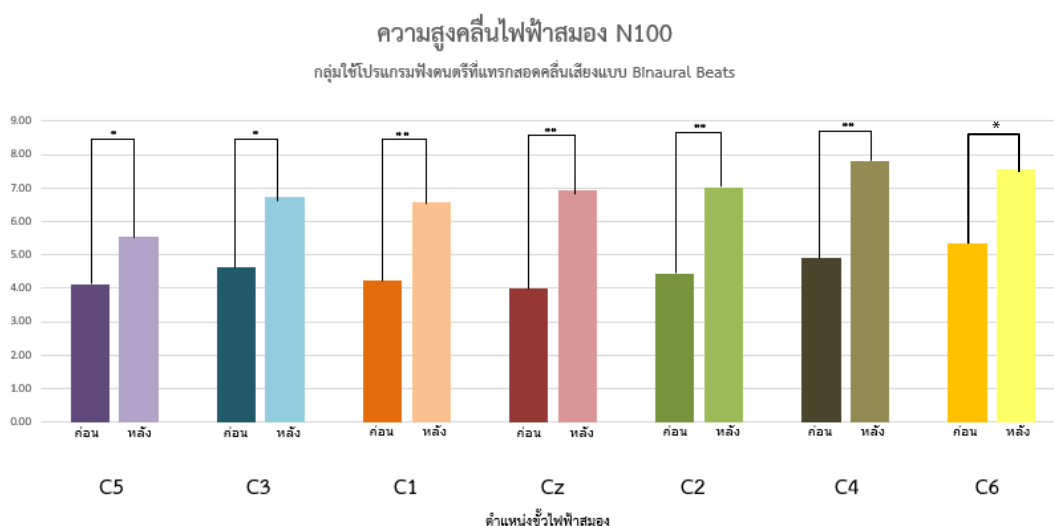
\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

จากตารางที่ 4-24 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 คือ หลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 แตกต่างกับระยะก่อนรับโปรแกรม

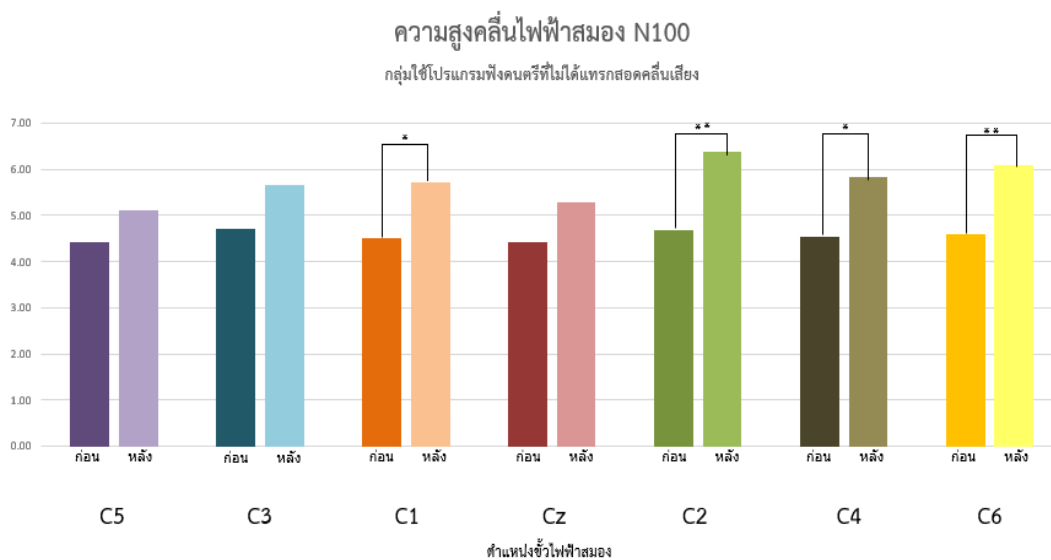
ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนรับโปรแกรม

ฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C1 C2 C4 C6 แต่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C5 C3 Cz ไม่แตกต่างกัน และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกับระยะก่อนทดลองเฉพาะที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า C4 ส่วนตำแหน่งขั้วไฟฟ้าอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน

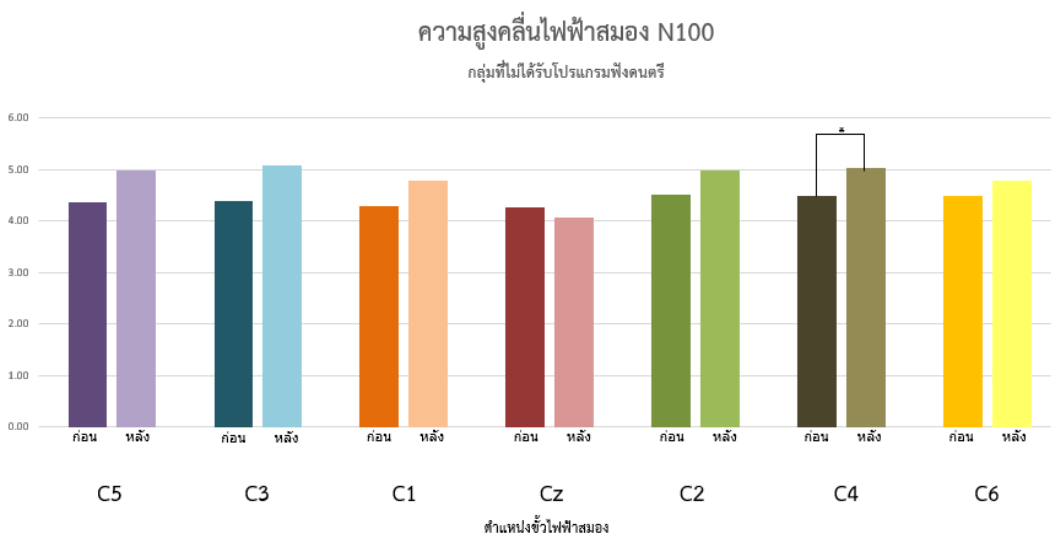
เมื่อนำค่าความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม มาจัดทำเป็นกราฟ โดยจำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ได้แก่ บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C5 C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 ของแต่ละกลุ่ม ดังแสดงภาพที่ 4-14 ถึง 4-15



ภาพที่ 4-14 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)



ภาพที่ 4-15 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงบริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)



ภาพที่ 4-16 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)

จากภาพที่ 4-14 ถึง 4-16 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ระยะหลังการทดสอบแตกต่างกับก่อนทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ในขณะที่อีก 2 กลุ่ม แตกต่างกันเพียงขั้วไฟฟ้าสมองที่ตำแหน่ง C1 C2 C4 และ C6

ตารางที่ 4-25 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง

กลุ่ม	ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	ระยะเวลา	ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	C5	ก่อน	149.15	28.64	20.55	2.85*	.01
		หลัง	128.60	24.38			
	C3	ก่อน	153.10	29.42	29.30	3.76**	.00
		หลัง	123.80	21.24			
	C1	ก่อน	148.95	30.71	27.00	3.75**	.00
		หลัง	121.95	16.44			
	Cz	ก่อน	148.55	31.31	29.25	4.25**	.00
		หลัง	119.30	15.25			
	C2	ก่อน	146.85	29.69	21.65	3.06*	.01
		หลัง	125.20	19.93			
	C4	ก่อน	148.25	26.26	21.55	3.00*	.01
		หลัง	126.70	20.54			
	C6	ก่อน	155.00	22.29	25.00	4.04**	.00
		หลัง	130.00	21.24			
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	C5	ก่อน	144.55	19.97	18.45	3.57**	.00
		หลัง	126.10	19.61			
	C3	ก่อน	139.65	21.61	18.65	3.96**	.00
		หลัง	121.00	17.16			
	C1	ก่อน	136.25	22.51	14.25	2.42*	.03
		หลัง	122.00	19.73			
	Cz	ก่อน	139.20	20.87	12.75	1.98	.06
		หลัง	126.45	22.18			
	C2	ก่อน	138.50	20.93	17.20	2.72*	.01
		หลัง	121.30	20.23			

ตารางที่ 4-25 (ต่อ)

กลุ่ม	ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า สมอง	ระยะเวลา	ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
C4		ก่อน	137.05	21.64	13.00	1.90	.07
		หลัง	124.05	19.76			
C6		ก่อน	142.65	21.25	12.45	1.74	.10
		หลัง	130.20	20.06			
กลุ่มที่ไม่ได้ รับ โปรแกรม ฟังดนตรี	C5	ก่อน	137.15	31.79	2.85	0.27	0.79
		หลัง	140.00	24.97			
C3		ก่อน	145.15	37.21	8.35	0.78	0.44
		หลัง	136.80	21.54			
C1		ก่อน	151.90	37.56	10.8	0.96	0.35
		หลัง	141.10	24.14			
Cz		ก่อน	150.60	36.34	1.10	0.10	0.93
		หลัง	149.50	24.13			
C2		ก่อน	150.85	36.82	4.75	0.44	0.66
		หลัง	146.10	21.76			
C4		ก่อน	150.70	36.73	3.55	0.34	0.74
		หลัง	147.15	20.99			
C6		ก่อน	143.85	36.34	3.35	0.36	0.72
		หลัง	147.20	21.81			

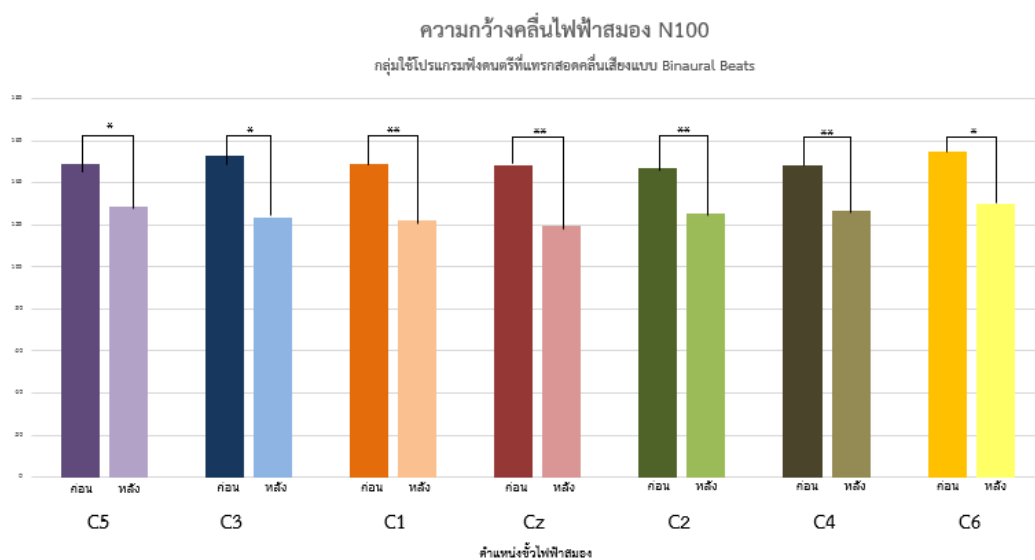
\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

จากตารางที่ 4-25 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C5 C1 Cz C2 C4 และ C6

ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C5 C1 และ C2 ส่วนตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Cz C4 และ C6 ไม่แตกต่างกัน

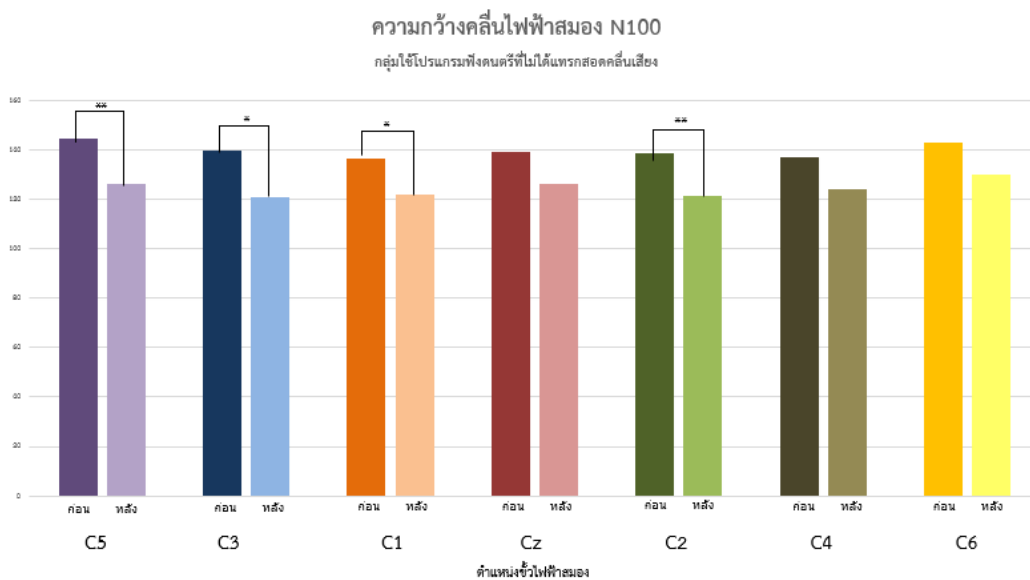
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน

เมื่อนำค่าความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาจัดทำเป็นกราฟ โดยจำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ได้แก่ บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central) ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C5 C1 Cz C2 C4 และ C6 ของแต่ละกลุ่ม ผลปรากฏตามภาพที่ 4-17, 4-18 และ 4-19 ตามลำดับ

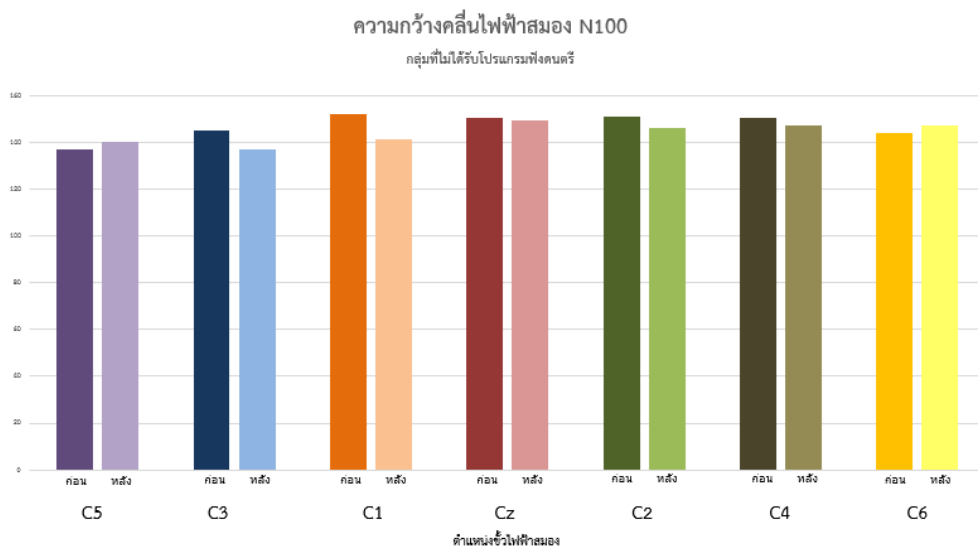


ภาพที่ 4-17 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)





ภาพที่ 4-18 กว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)



ภาพที่ 4-19 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง (Central)

จากภาพที่ 4-17 ถึง 4-19 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความกว้างของคลื่นที่เปลือกสมองส่วนกลางแตกต่างกันตำแหน่ง ในขณะที่กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats แตกต่างกันบางตำแหน่ง และ 3.4 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

3.4.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

ตารางที่ 4-26 การทดสอบความแตกต่างของเมตริกซ์ความแปรปรวน ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	Value	F	p
O1	1.72	.27	.95
Oz	11.59	1.83	.09
O2	20.76	3.28**	.00

\*\* $p < .01$

จากตารางที่ 4-26 ปรากฏว่า หลังการทดลอง ผลการทดสอบความเท่ากันของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ Box'M Test of Equality of Covariance Matrices รายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .95 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีเท่ากัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Oz ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .09 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูลเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีเท่ากัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O2 ค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ความสูงและความกว้าง คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรก สอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า  $p$  เท่ากับ .00 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .05 แสดงว่า ข้อมูล เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับ โปรแกรมฟังดนตรีไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4-27 การตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของความสูงและความกว้าง คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	Likelihood Ratio	Approx. Chi-Square	$p$
O1	.00	219.80**	.00
Oz	.00	200.66**	.00
O2	.00	212.00**	.00

\*\* $p < .01$

จากตารางที่ 4-28 ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ของความสูงและ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอด คลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี โดยการตรวจสอบรายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ .00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 219.80

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Oz สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ .00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 200.66

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O2 สถิติทดสอบ Likelihood Ratio ของ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ .00 และสถิติทดสอบไค-สแควร์มีค่าเท่ากับ 212.00

ผลการตรวจสอบ Bartlett's Test of Sphericity ชี้ให้เห็นว่าเมตริกซ์ความสัมพันธ์ของ ความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 หมายความว่า มีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปเปรียบเทียบ ความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองในขั้นต่อไปได้

ตารางที่ 4-28 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2

ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	ความใส่ใจ	F	df1	df2	p
O1	ความสูง	.32	2	57	.73
	ความกว้าง	.05	2	57	.95
Oz	ความสูง	4.60*	2	57	.01
	ความกว้าง	.97	2	57	.38
O2	ความสูง	5.24*	2	57	.01
	ความกว้าง	.60	2	57	.55

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-28 ผลการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของความสูงและความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี รายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test มีค่าความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .73$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและค่าความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .95$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่แสดงความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า Oz การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test มีค่าความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .01$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ส่วนค่าความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .38$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่แสดงความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O2 การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วย Levene's Test มีค่าความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .01$ ) มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ส่วนค่าความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ( $p = .55$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่แสดงความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4-29 ผลการเปรียบเทียบของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าสมอง	Statistical Test	Value	F	Hypothesis df	Error df	p	ES
O1	Wilks' Lambda	.84	2.54*	4.00	112.00	.04	.08
Oz	Wilks' Lambda	.74	4.59**	4.00	112.00	.00	.14
O2	Wilks' Lambda	.77	3.83**	4.00	112.00	.00	.12

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

จากตารางที่ 4-29 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลอง ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี รายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 มีค่า Wilks' Lambda เท่ากับ .84 และ  $F = 2.54$  ( $p = .04$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .08$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz มีค่า Wilks' Lambda เท่ากับ .74 และ  $F = 4.59$  ( $p = .00$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .14$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O2 มีค่า Wilks' Lambda เท่ากับ .77 และ  $F = 3.83$  ( $p = .00$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .12$ ) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงหรือความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจแตกต่างกัน

ตารางที่ 4-30 การทดสอบ Univariate Test ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจ ระยะหลังการทดลอง ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า O1 Oz และ O2 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

Univariate Tests									
ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้า	ตัวแปรตาม	แหล่งความ แปรปรวน	SS	df	MS	F	p	ES	
O1	ความสูง	Contrast	3.03	2	1.52	.82	.45	.03	
		Error	105.15	57	1.85				
	ความกว้าง	Contrast	3510.00	2	1755.00	4.81*	.01	.14	
		Error	20808.40	57	365.06				
Oz	ความสูง	Contrast	12.13	2	6.07	3.31*	.04	.10	
		Error	104.45	57	1.83				
	ความกว้าง	Contrast	3492.23	2	1746.11	6.71**	.00	.19	
		Error	14825.10	57	260.09				
O2	ความสูง	Contrast	7.23	2	3.62	2.37	.10	.08	
		Error	87.10	57	1.53				
	ความกว้าง	Contrast	3569.36	2	1784.68	6.80**	.00	.19	
		Error	14999.79	57	262.58				

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

จากตารางที่ 4-30 ปรากฏว่า ระยะหลังการทดลอง ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี รายขั้วไฟฟ้าสมอง ดังนี้

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = .82$  ( $p = .45$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .03$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = 4.81$  ( $p = .01$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .14$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = 3.31$  ( $p = .04$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .10$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = 4.81$  ( $p = .01$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .19$ )

ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O2 ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = 2.37$  ( $p = .10$ ) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับน้อย ( $ES = .08$ ) และความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 มีค่า  $F = 6.80$  ( $p = .00$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ( $ES = .19$ )

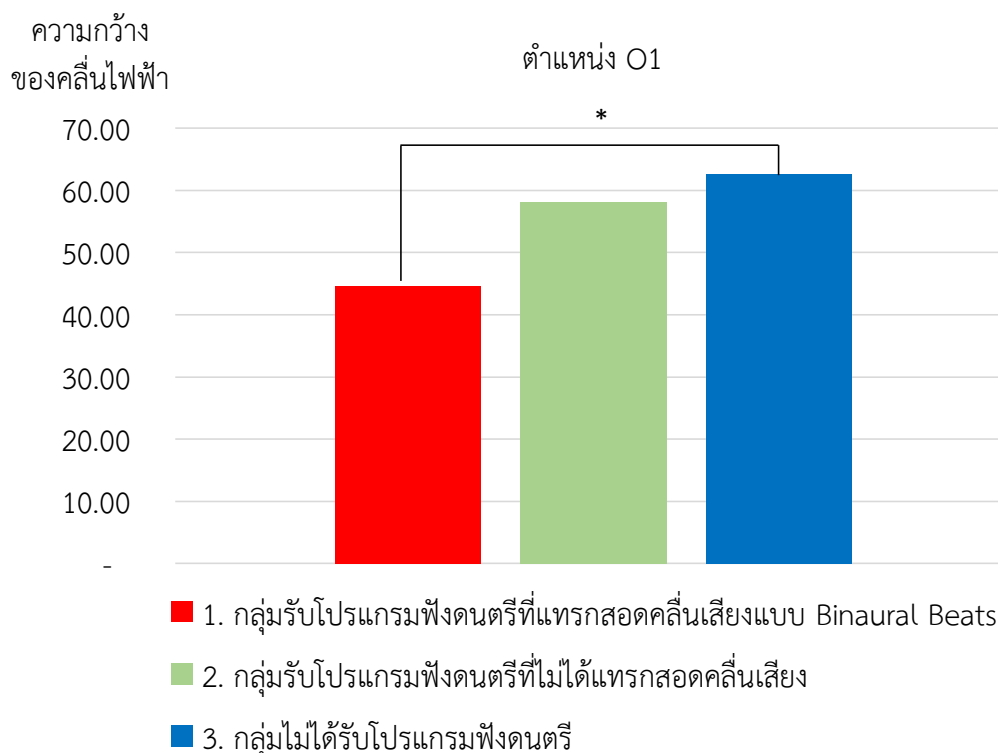
ในตำแหน่งชั่วคราวไฟฟ้าสมองที่มีความกว้างหรือความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 12 ที่ตั้งไว้ว่า ระยะเวลาหลังการทดลอง กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี และสมมติฐานข้อที่ 13 ที่ตั้งไว้ว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี จึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ แต่ละตำแหน่งชั่วคราวไฟฟ้าสมอง โดยใช้สถิติ *LSD* ได้ผล ดังนี้

ตารางที่ 4-31 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่งชั่วคราวไฟฟ้าสมอง O1

กลุ่ม	M	1 2 3		
		ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100		
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	44.60	-	13.50*	18.00*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	58.10	-	-	4.50
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	62.60	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-31 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งชั่วคราวไฟฟ้าที่ O1 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังแสดงในภาพที่ 4-20



ภาพที่ 4-20 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ O1

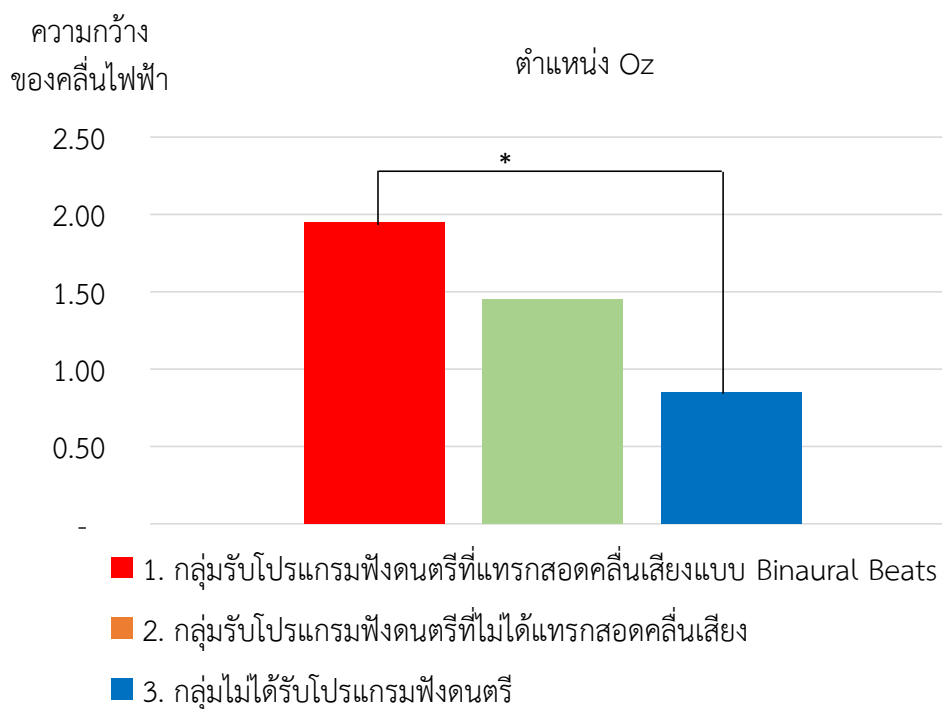
ตารางที่ 4-32 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats	1.95	-	.50	1.10*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอด คลื่นเสียง	1.45	-	-	.60
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	.85	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-32 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 แตกต่างกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังแสดงในภาพที่ 4-21





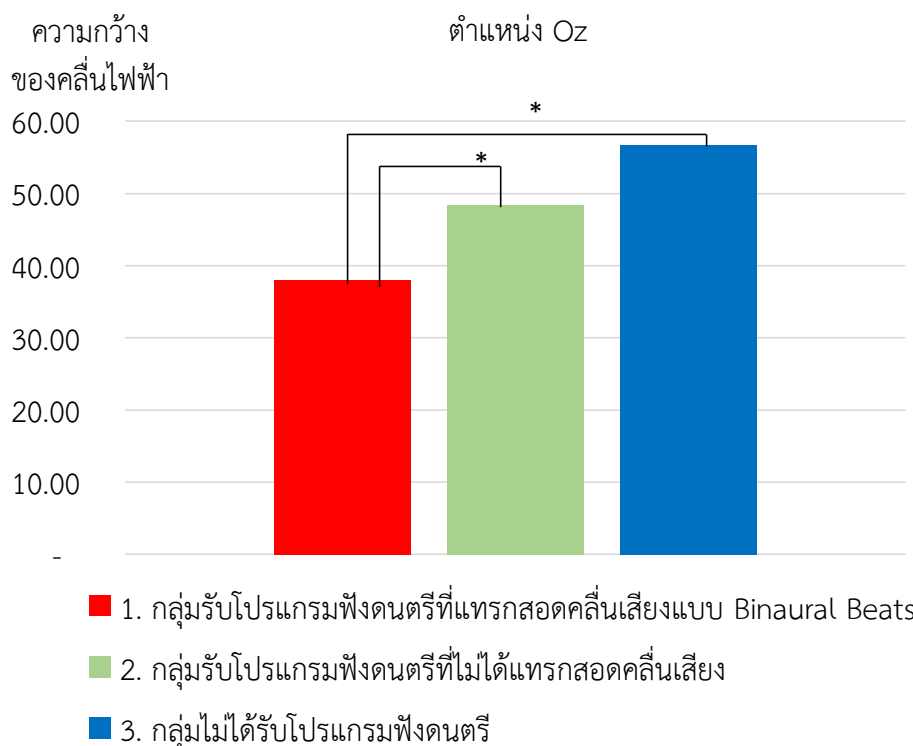
ภาพที่ 4-21 การเปรียบเทียบรายคู่ ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz

ตารางที่ 4-33 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	38.00	-	10.35*	18.65*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	48.35	-	-	8.30
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	56.65	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-33 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังแสดงในภาพที่ 4-22



ภาพที่ 4-22 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ Oz

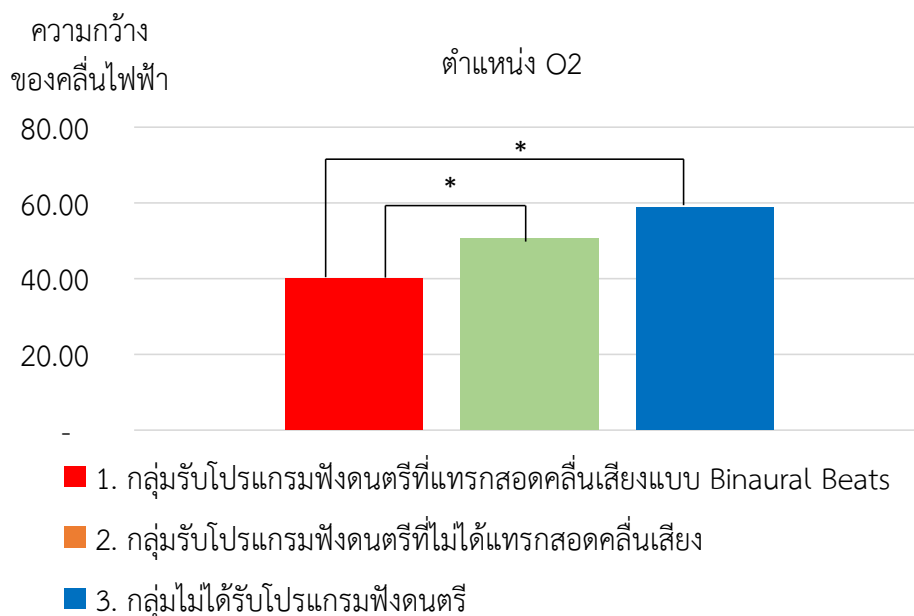
ตารางที่ 4-34 การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ตำแหน่ง  
ขั้วไฟฟ้าสมอง O2

กลุ่ม	M	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100		
		1	2	3
1. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats	40.00	-	10.53*	18.85*
2. กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง	50.53	-	-	8.33
3. กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	58.85	-	-	-

\* $p < .05$

จากตารางที่ 4-34 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ O2 ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรี

ที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ไม่แตกต่างกันกับกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังแสดงในภาพที่ 4-23



ภาพที่ 4-23 การเปรียบเทียบรายคู่ ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าที่ O2

ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ปรากฏว่า หลังการทดลองในภาพรวม กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐาน ข้อ 12 และ 13

3.4.2 ผลการเปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ แสดงได้ดังตารางที่ 4-35

ตารางที่ 4-35 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ  
ความใส่ใจ ระยะเวลา ก่อนกับหลัง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง  
แบบ Binaural Beats กับการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่น  
เสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

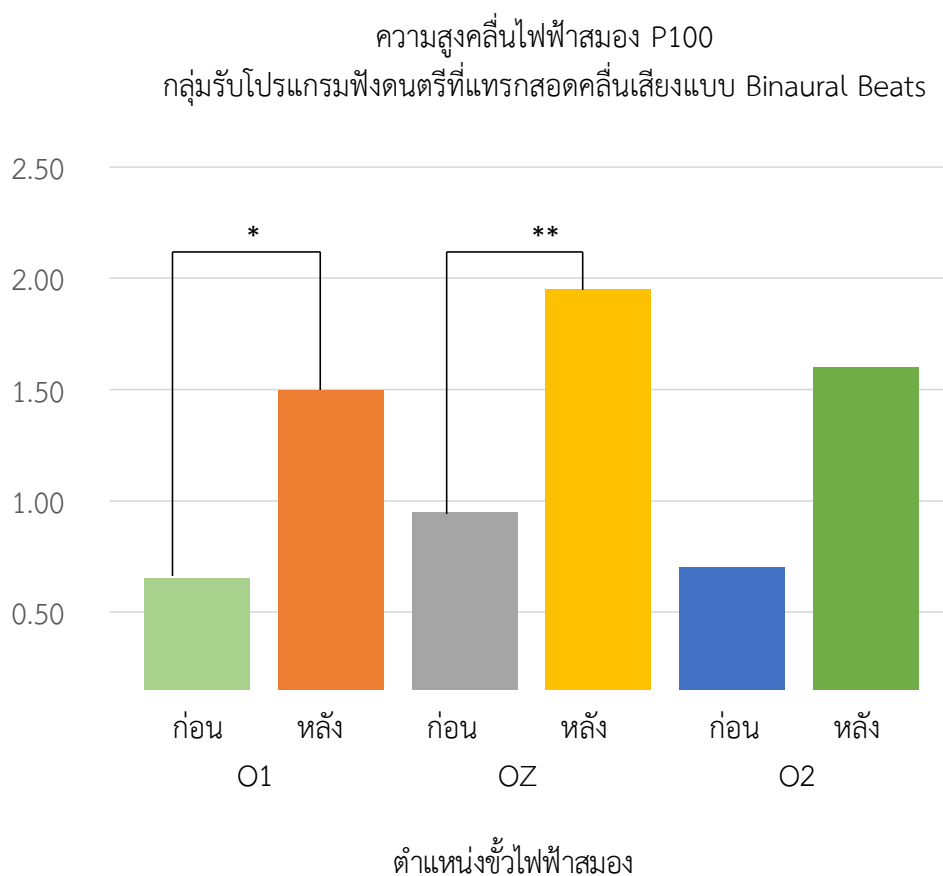
กลุ่ม	ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าสมอง	ระยะเวลา	ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
กลุ่มรับ โปรแกรมฟัง ดนตรีที่แทรก สอดคลื่นเสียง แบบ Binaural Beats	O1	ก่อน	0.65	0.81	0.85	2.24*	.04
		หลัง	1.50	1.50			
	Oz	ก่อน	0.95	1.01	1.00	3.25**	.00
		หลัง	1.95	1.64			
	O2	ก่อน	0.70	1.03	0.90	2.14	.05
		หลัง	1.60	1.54			
กลุ่มรับ โปรแกรมฟัง ดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอด คลื่นเสียง	O1	ก่อน	1.10	1.02	0.15	0.46	.65
		หลัง	0.95	1.19			
	Oz	ก่อน	1.00	0.92	0.45	1.83	.08
		หลัง	1.45	1.47			
	O2	ก่อน	0.90	1.02	0.25	0.75	.46
		หลัง	1.15	1.39			
กลุ่มที่ไม่ได้รับ ฟังดนตรี	O1	ก่อน	1.00	1.12	0.20	.51	.62
		หลัง	1.20	1.36			
	Oz	ก่อน	1.00	1.69	0.15	0.37	.72
		หลัง	0.85	0.81			
	O2	ก่อน	1.05	1.64	0.30	0.81	.43
		หลัง	0.75	0.55			

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

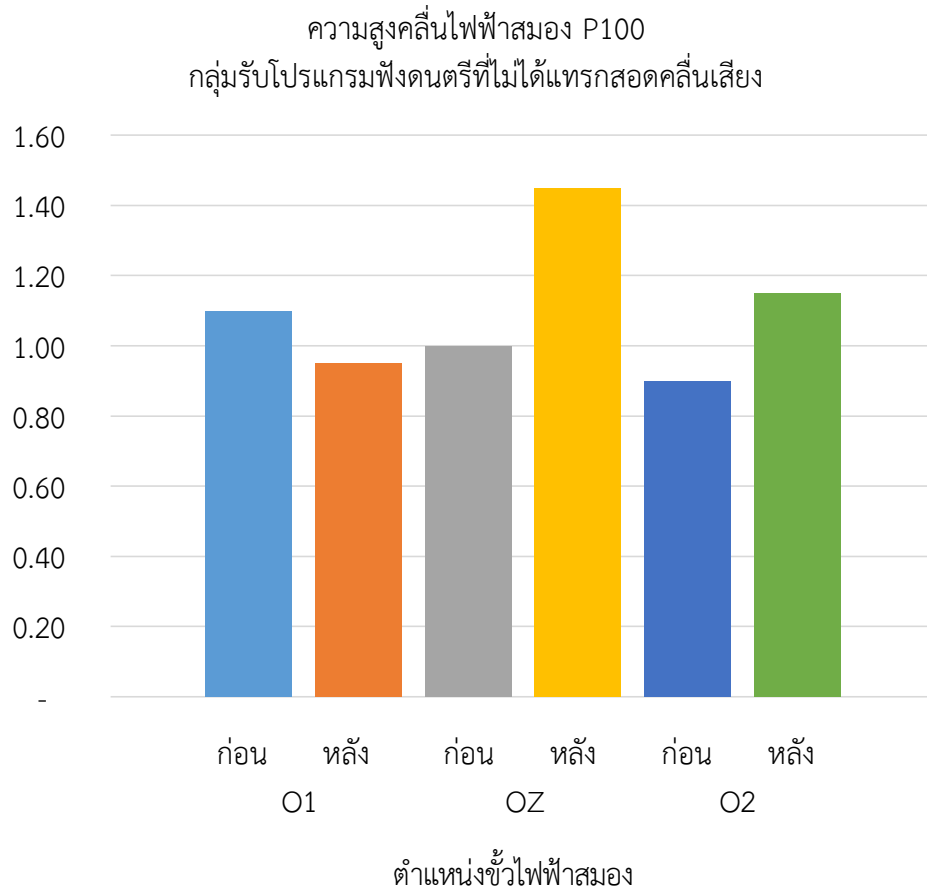
จากตารางที่ 4-35 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด  
คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบ  
ความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 และ Oz ส่วนตำแหน่งขั้วไฟฟ้า  
สมอง O2 ไม่แตกต่างกัน ส่วนในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและ

กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 ระยะก่อนกับหลังไม่แตกต่างกัน

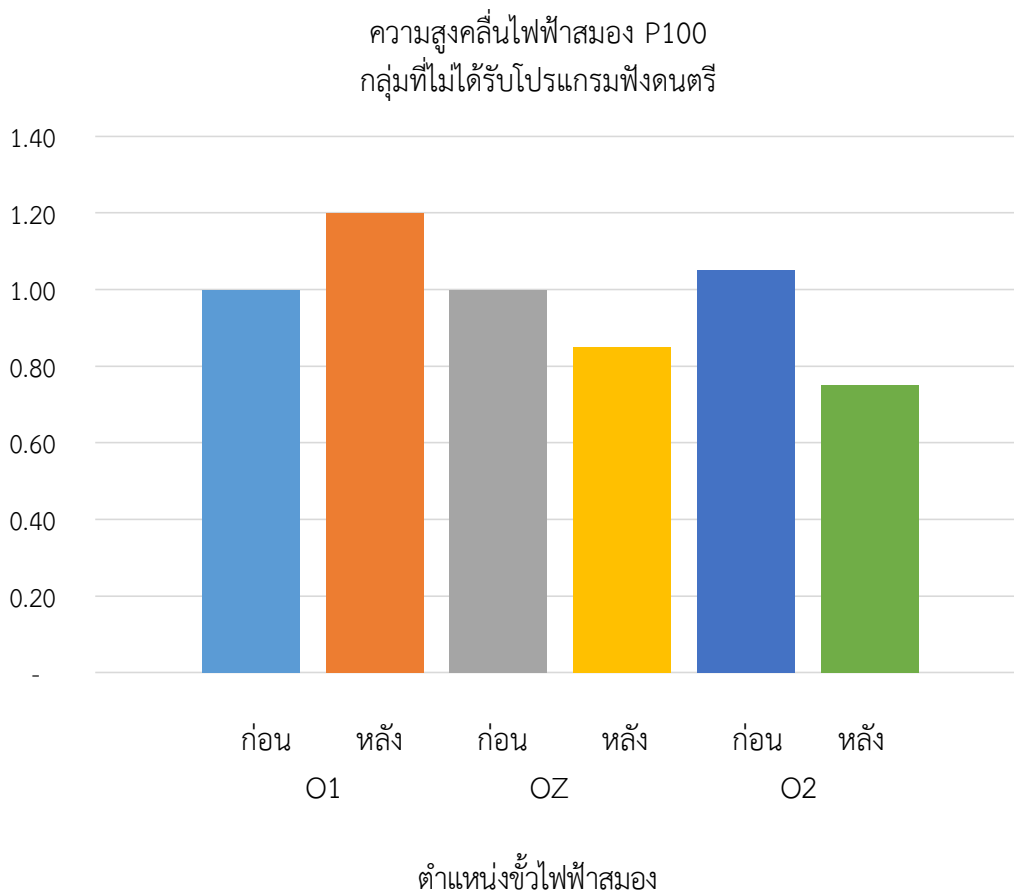
เมื่อนำค่าความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อนกับหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาจัดทำเป็นกราฟ โดยจำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipita Lobe) ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 ในแต่ละส่วนของบริเวณเปลือกสมอง ผลปรากฏตามภาพ ที่ 4-24, 4-25 และ 4-26 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-24 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)



ภาพที่ 4-25 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)



ภาพที่ 4-26 ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)

ตารางที่ 4-36 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ก่อนกับหลังการทดลองของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

กลุ่ม	ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง	ระยะเวลา	ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 กลุ่มละ 20 (n=20)				
			M	SD	Mean Difference	t	p
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียง	O1	ก่อน	58.05	13.90	13.45	2.11*	.05
		หลัง	44.60	19.49			
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี	Oz	ก่อน	54.35	13.73	16.35	4.42**	.00
		หลัง	38.00	12.93			

ตารางที่ 4-36 (ต่อ)

กลุ่ม	ตำแหน่ง ขั้วไฟฟ้าสมอง	ระยะเวลา	ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 กลุ่มละ 20 (n=20)					
			M	SD	Mean Difference	t	p	
แบบ Binaural Beats	O2	ก่อน	55.30	17.96	15.3	4.78**	.00	
		หลัง	40.00	13.74				
กลุ่มรับ โปรแกรมฟัง ดนตรีที่ไม่ได้ แทรกสอด คลื่นเสียง	O1	ก่อน	46.45	17.67	11.65	2.26'	.04	
		หลัง	58.10	19.49				
	Oz	ก่อน	47.80	17.83	0.55	0.09	.93	
		หลัง	48.35	18.21				
	O2	ก่อน	48.45	18.31	2.08	.314	.76	
		หลัง	50.53	17.44				
	กลุ่มที่ไม่ได้รับ ฟังดนตรี	O1	ก่อน	53.50	11.53	9.10	169	.11
			หลัง	62.60	18.32			
Oz		ก่อน	52.00	10.48	4.65	1.06	.30	
		หลัง	56.65	16.79				
O2		ก่อน	49.55	13.90	9.30	1.90	.07	
		หลัง	58.85	17.17				

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

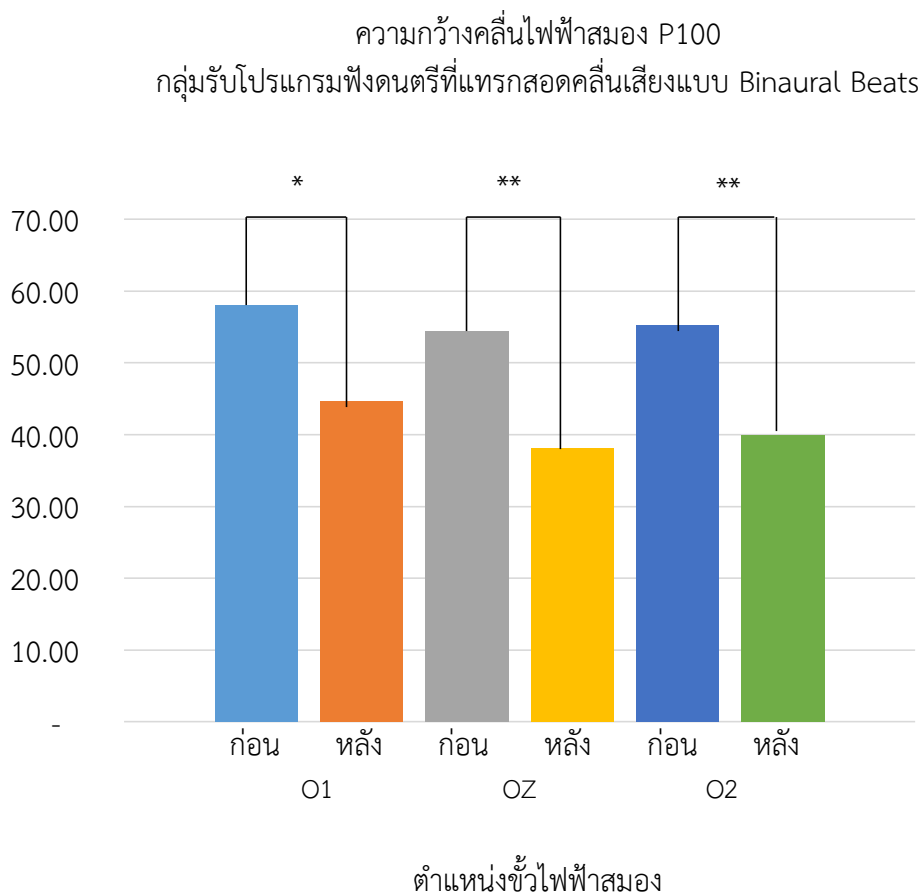
จากตารางที่ 4-36 ปรากฏว่า ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับระยะก่อนรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 ( $t = 2.11, 4.42$  และ  $4.78$  ตามลำดับ)

ระยะเวลาหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ มากกว่าระยะก่อนรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 ส่วนขั้วไฟฟ้าสมอง Oz และ O2 ไม่แตกต่างกัน

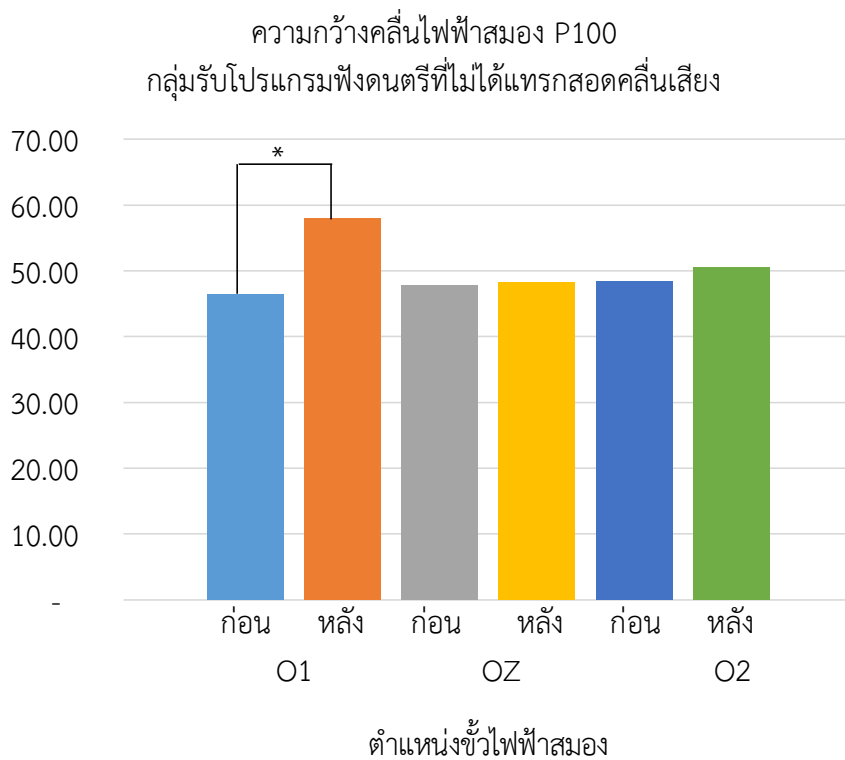
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจไม่แตกต่างกัน คือ ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats แตกต่างกัน



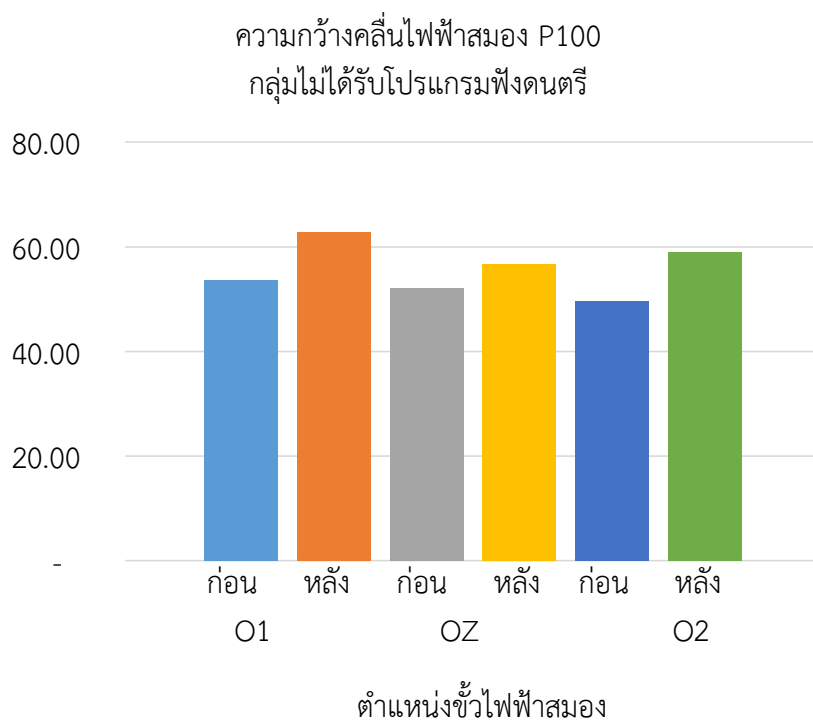
เมื่อนำค่าความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลา ก่อนกับหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาจัดทำเป็นกราฟ โดยจำแนกตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ได้แก่ บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 ผลปรากฏตามภาพที่ 4-27, 4-28 และ 4-29 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-27 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลา ก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรม ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)

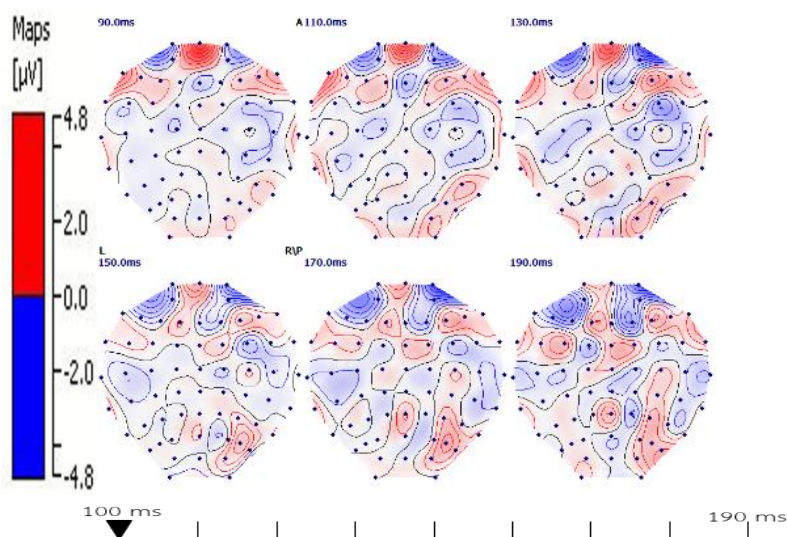


ภาพที่ 4-28 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)

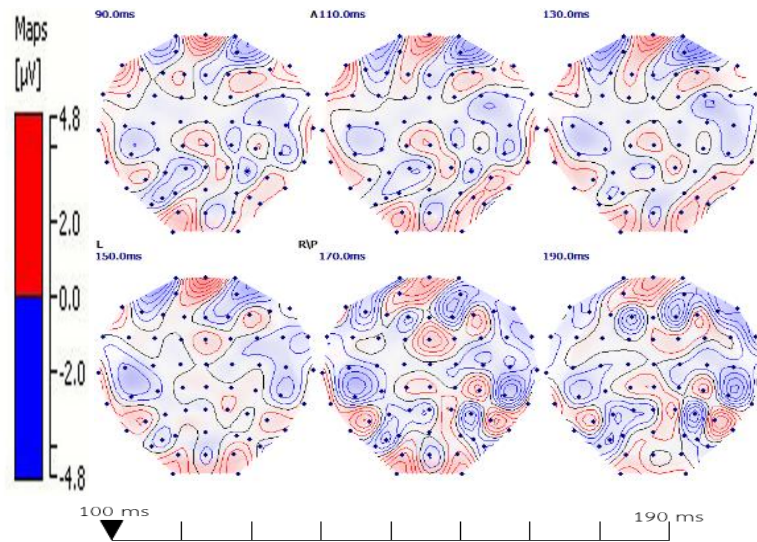


ภาพที่ 4-29 ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe)

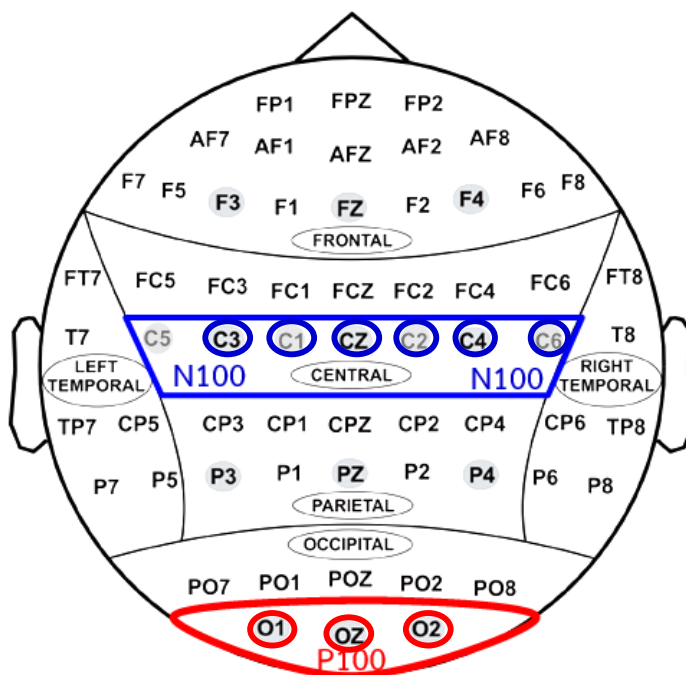
เมื่อนำภาพของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อน กับหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาแสดงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง N 100 บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที โดยเส้นสีแดงแสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง แรงดันบวก (Positive Voltage) แสดงถึงการใช้พลังงานมาก เส้นสีน้ำเงิน แสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง แรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงการใช้พลังงานน้อย แสดงดังในภาพที่ 4-30 และภาพที่ 4-31



ภาพที่ 4-30 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ก่อนการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที

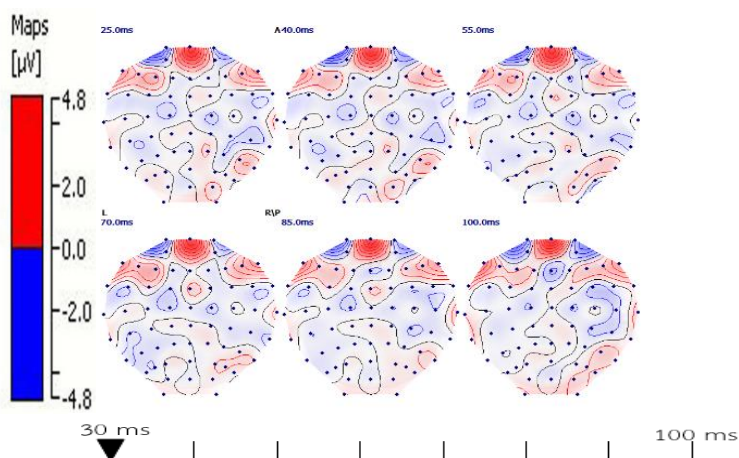


ภาพที่ 4-31 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 หลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที

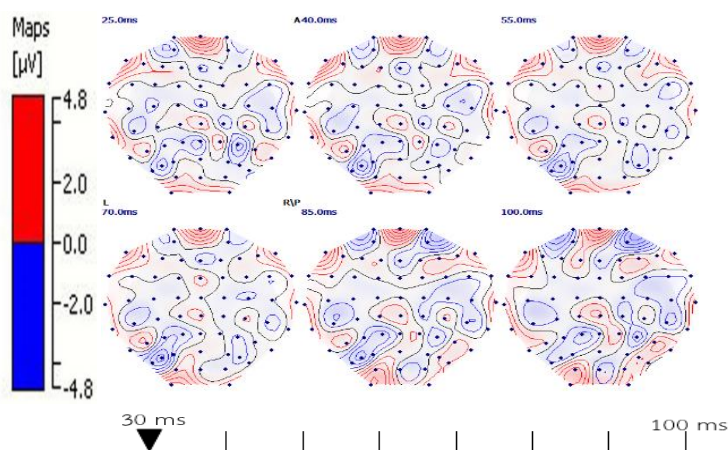


ภาพที่ 4-32 ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมองที่วัดความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural

เมื่อนำภาพของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระหว่างก่อน กับหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาแสดงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ในช่วงเวลาดั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที โดยเส้นสีแดง แสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง แรงดันบวก (Positive Voltage) แสดงถึงการใช้พลังงานมาก เส้นสีน้ำเงิน แสดงถึงความต่างศักย์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง แรงดันลบ (Negative Voltage) แสดงถึงการใช้พลังงานน้อย แสดงดังในภาพที่ 4-33 และภาพที่ 4-34

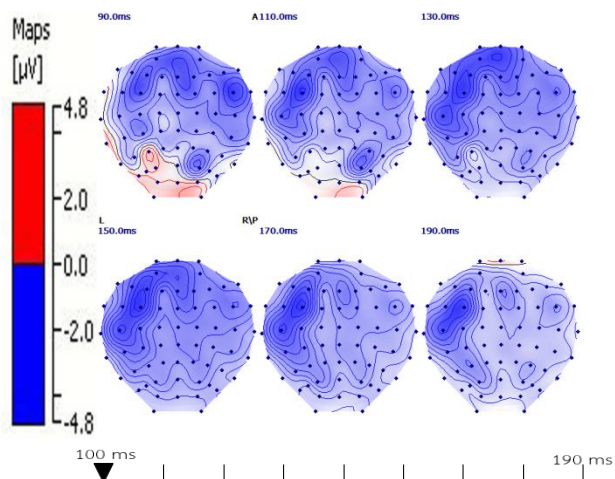


ภาพที่ 4-33 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ก่อนการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที

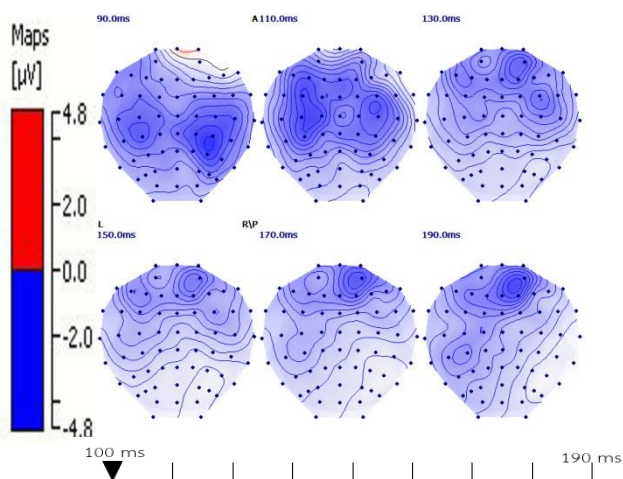


ภาพที่ 4-34 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 หลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่ง อิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที

จากภาพที่ 4-31 ถึงภาพที่ 4-34 แสดงภาพการทำงานของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาทศก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที และ 30-100 มิลลิวินาที ที่แสดงถึงการใช้พลังงานน้อย แสดงให้เห็นว่า ใช้เวลาในการตัดสินใจได้รวดเร็วขึ้น หลังจากได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความใส่ใจเพิ่มมากขึ้น

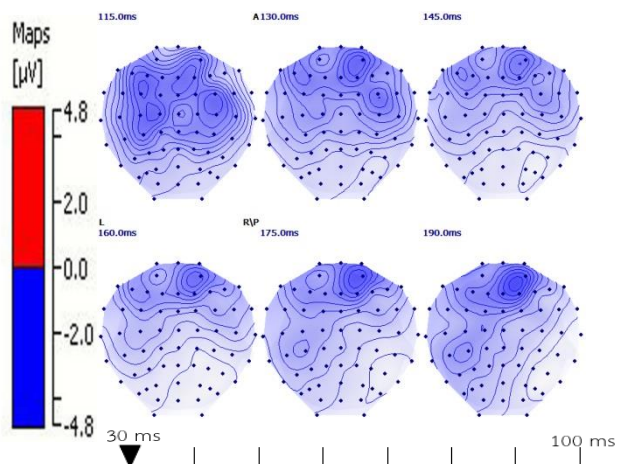


ภาพที่ 4-35 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้  
 แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ  
 ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที

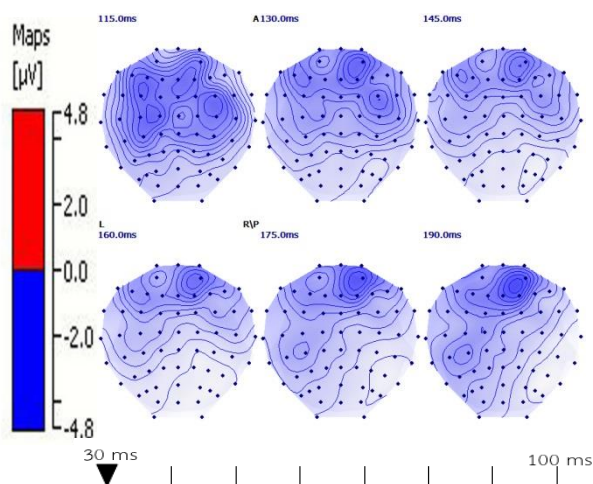


ภาพที่ 4-36 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้  
 แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ  
 ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที





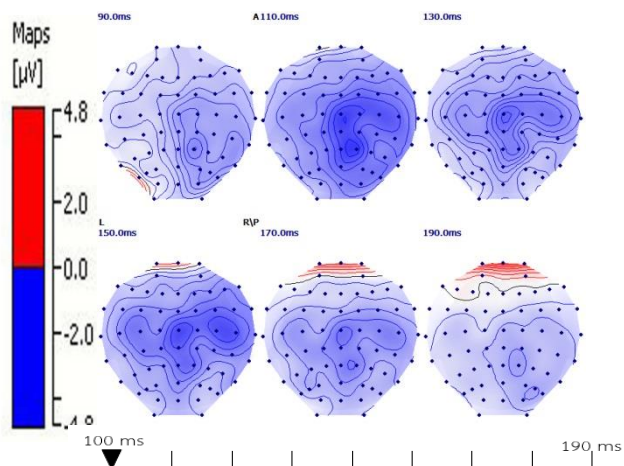
ภาพที่ 4-37 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาก่อนการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้  
แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ  
ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที



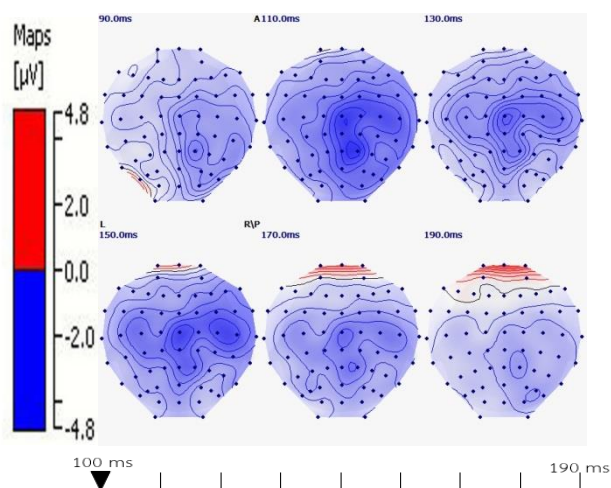
ภาพที่ 4-38 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะเวลาหลังการทดลอง ในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้  
แทรกสอดคลื่นเสียง ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละ  
ตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลาตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที

เมื่อนำภาพที่ 4-35 ถึงภาพที่ 4-38 แสดงภาพการทำงานของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะเวลาก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งชั่วไฟฟ้าสมอง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที และ 30-100 มิลลิวินาที ที่แสดงถึงการใช้พลังงานน้อย แสดงให้เห็นว่าใช้เวลาในการตัดสินใจได้รวดเร็วขึ้น หลังจากได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความใส่ใจเพิ่มมากขึ้น

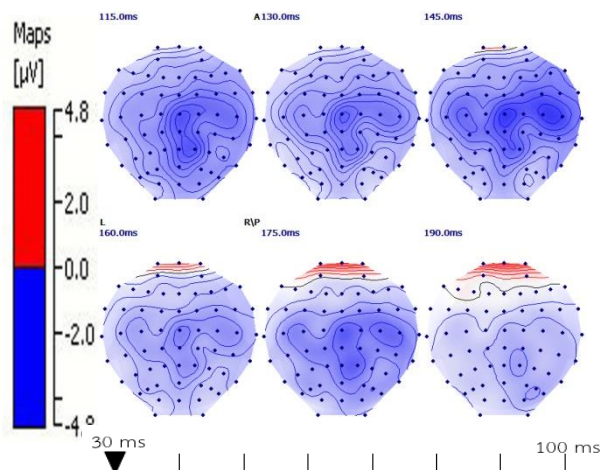




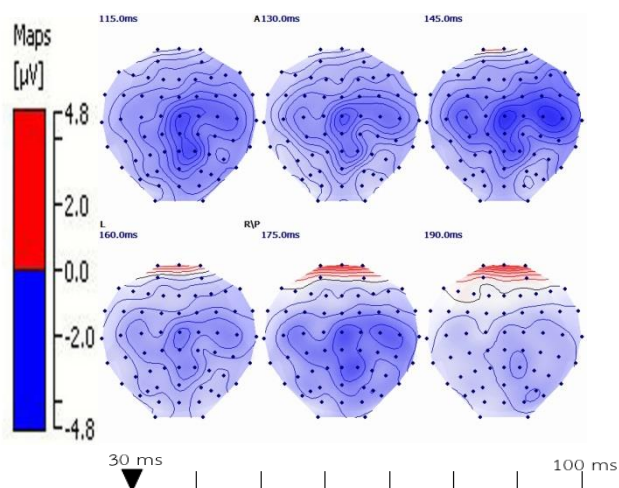
ภาพที่ 4-39 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะก่อนการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลา ตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที



ภาพที่ 4-40 คลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระยะหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที



ภาพที่ 4-41 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะก่อนการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี  
ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลา  
ตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที



ภาพที่ 4-42 คลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระยะหลังการทดลอง ในกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี  
ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรดช่วงเวลา  
ตั้งแต่ 30-100 มิลลิวินาที

เมื่อนำภาพที่ 4-39 ถึงภาพที่ 4-42 แสดงภาพการทำงานของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณเปลือกสมองแต่ละตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง ในช่วงเวลาตั้งแต่ 100-190 มิลลิวินาที และ 30-100 มิลลิวินาที ที่แสดงถึงการใช้พลังงานน้อย แสดงให้เห็นว่า ใช้เวลาในการตัดสินใจได้รวดเร็วขึ้น หลังจากได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความใส่ใจเพิ่มมากขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สำหรับเพิ่มความสนใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เปรียบเทียบผล การเพิ่มความสนใจระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีโดย การเปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิบัติกริยา ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้า สมอง N100 ที่บริเวณสมองส่วนกลาง และ P100 ที่บริเวณสมองส่วนท้ายทอย กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) จำนวน 60 คน ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย สุ่มเข้ากลุ่มทดลองด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย กลุ่มละ 20 คน แบบแผนการทดลองเป็นแบบทดสอบก่อนกับหลังการทดลองและมีกลุ่มควบคุม (Pretest and Posttest Control Group Design) (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 37-38)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (CES-D) แบบสำรวจความถนัด การใช้มือของเอ็ดวินเบิร์ก แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ แผ่นวัดระดับสายตาระยะใกล้ และการตรวจการได้ยินโดยแพทย์ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และ 3) เครื่องมือ ที่ใช้วัดความสนใจเป็นกิจกรรม Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) บันทึกข้อมูลค่าความถูกต้องของการตอบและเวลา ปฏิบัติกริยาด้วยโปรแกรม STIM<sup>2</sup> ที่เชื่อมต่อเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง NeuroScan และหมวก อิเล็กโทรด (Electro-Cap) ชนิด 64 ช่องสัญญาณ (Channel) บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำ กิจกรรมทดสอบความสนใจ (VISCPT, AUDCPT) วิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7 และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน สถิติที (*t*-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA)

#### สรุปผลการวิจัย

1. โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรม ที่จัดทำขึ้นจากดนตรีบรรเลงความยาว 20 นาที และกำหนดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ความถี่ ของลำโพงหูซ้ายซ้ายที่ 100 Hz กับลำโพงหูขวา 110 Hz บันทึกพร้อมเสียงดนตรีในรูปแบบไฟล์เพลง Mp3 และเล่นด้วยเครื่องเล่น Nano Mp3 รับฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ผ่านหูฟังติดต่อกันเป็นเวลา 14 วัน วันละ 20 นาที ซึ่งผลการประเมินโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอด คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats โดยผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อเพิ่ม ความสนใจนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมากที่สุด

2. ผลการเปรียบเทียบความใส่ใจระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้น กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เช่น

2.1 ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังที่ดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีคะแนนความใส่ใจมากกว่า ก่อนใช้โปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ส่งผลให้มีความใส่ใจของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น

2.2 ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ส่งผลให้มีความใส่ใจของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปฏิกิริยาเร็วขึ้น

3. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ในภาพรวม มีคะแนนความใส่ใจแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากคะแนนความถูกต้องของการตอบระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = .07$ ) ส่วนเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่ากลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่าโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

4. ระยะหลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 บริเวณสมองส่วนกลาง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแต่ละตัวแปร ปรากฏว่า

4.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C1 Cz C2 C4 และ C6 มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

4.2 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

5. ระยะหลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่บริเวณสมองส่วนท้ายทอย ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ปรากฏว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแต่ละตัวแปร ปรากฏว่า

5.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนท้ายทอย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

5.2 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง

## การอภิปรายผล

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นเมื่อนำไปทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นระยะเวลา 20 นาทีต่อครั้ง วันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 14 วัน ทำให้นักเรียนมีความใส่ใจเพิ่มขึ้น วิจารณ์ได้จากคะแนนการตอบถูกที่เพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทดสอบที่น้อยลง และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นจากดนตรีบรรเลง เป็นเพลงที่กลุ่มตัวอย่างพอใจ ความยาว 20 นาที และกำหนดคลื่นความถี่ของลำโพงหูซ้ายที่ 100 Hz กับลำโพงหูขวา 110 Hz บันทึกรวมกันกับดนตรีในรูปแบบไฟล์เพลง Mp3 เพื่อให้ผู้รับโปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ฟังอย่างสบายด้วยเครื่องเล่น Nano Mp3 ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพิ่มความใสใจนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการพัฒนาโปรแกรมได้อาศัยหลักการทับซ้อนของเซลล์ประสาทที่ส่งมาจากหูซ้ายและหูขวาดำเนินการที่ เหมาะสมของเส้นทางเดินของระบบการได้ยินเป็นสิ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าเซลล์ประสาทที่ปล่อยออกมาในระบบประสาทการฟังคงไว้ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการรับสัญญาณ ด้วยข้อเท็จจริงว่าการปล่อยเซลล์ประสาทดังกล่าว ทำให้เกิดการผสมผสานให้เกิดเป็นคลื่นสัญญาณเฉพาะ ด้วยผลการทับซ้อนนี้เป็นการแทรกสอดคลื่นความถี่ที่ต่างกันอย่างออกไปตามแบบคลื่น Binaural Beats (Kasprzak, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มาพัฒนาเป็นโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ก่อนนำไปใช้มีตรวจสอบ

ความเหมาะสมและนำข้อมูลที่ค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในสถานการณ์จริง (Joyce, Weil, & Calhoun, 2009) เมื่อนำไปใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นเวลา 20 นาทีต่อวัน โดยฝึกตามโปรแกรมติดต่อกันทุกวันรวมระยะเวลา 14 วัน ตามแนวความคิดการเพิ่มศักยภาพของสมองระยะยาว (Long Term Potentiation: LTP) เนื่องจากระยะเวลาในการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่นานและต่อเนื่อง ทำให้เกิดการส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาทในการเพิ่มศักยภาพของสมองระยะยาว ให้มีการกระตุ้นที่มีความแรง (Intensity) และความถี่ (Frequency) มากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ (Depolarization) ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังจุดประสานประสาท (Postsynaptic) และเพียงพอที่จะหลังสารสื่อประสาทกลูตาเมต (Glutamate) ในระยะก่อนจุดประสานประสาทได้ (Presynaptic) (Izquierdo et al., 2008) ปรากฏว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมตลอดจนสามารถเข้าร่วมโปรแกรมและปฏิบัติตามกิจกรรมตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดได้เป็นอย่างดีในการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

2. ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้น

### 2.1 กลุ่มรับโปรแกรมฟังที่ดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนใช้โปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และมีเวลาปฏิกริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าระยะก่อนการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ปรากฏว่า มีความใส่ใจแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากเวลาปฏิกริยาของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่ากลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ เนื่องจากนักเรียนในช่วงวัยนี้เป็นช่วงอายุที่มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด โดยเฉพาะสื่อสังคมออนไลน์ จากข้อมูลสถิติการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักงานสถิติแห่งชาติ 2559 ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ช่วงวัยดังกล่าวเป็นช่วงอายุที่ใช้สื่อต่าง ๆ นี้มากที่สุด 5-7 วันต่อสัปดาห์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี และส่วนใหญ่ใช้อินเทอร์เน็ตไปกับการชมภาพยนตร์ ฟังเพลง และเล่นเกม แต่การเล่นเกมและดูภาพยนตร์เป็นเวลานาน ๆ เป็นปัญหากับความใส่ใจและการเรียนรู้ และการเล่นเกมที่มากกว่า 3 ชั่วโมงต่อวัน มีความเสี่ยงสูงต่อปัญหาความใส่ใจและความยากลำบากในการเรียนรู้ (Johnson, Cohen, Kasen, & Brook, 2007) การศึกษาเพื่อเพิ่มความใส่ใจโดยการใช้คลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สอดคล้องกับงานวิจัยโดย Kasprzak (2011) ที่ใช้คลื่นเสียง Binaural Beats ความถี่ที่ 100 Hz สำหรับหูซ้าย และความถี่ที่หูขวา 110 Hz เพื่อให้เกิดคลื่นเสียง Binaural Beats ในกลุ่มทดลองจำนวน 20 คน โดยปรับ

คลื่นสมองให้อยู่ในช่วงความถี่ที่กำหนด 10 Hz พร้อมกับการศึกษาอิทธิพลของการฟังเสียงดนตรีเป็นเวลา 15 นาที เนื่องจากมีผลต่อความใส่ใจในกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความใส่ใจจะส่งผลต่อความจำที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับการศึกษาหลายแห่งที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับความใส่ใจด้วยการชมภาพยนตร์ที่มีเสียงและไม่มีเสียง ปรากฏว่ากลุ่มทดลองที่ชมภาพยนตร์ที่มีเสียงมีอัตราการตอบโต้เร็วและถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ชมภาพยนตร์แบบไม่มีเสียง (Bezdek et al., 2017)

2.2 กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และการเปลี่ยนแปลงของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง และเกิดการเปลี่ยนแปลงของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นแบบ Binaural Beats สามารถช่วยให้สมองทำงานได้รวดเร็วขึ้นแต่ใช้พลังงานน้อยลง ทั้งนี้ Luck (2014) ได้เสนอว่า ผลสะท้อนของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ก่อให้เกิดเป็นภาพสะท้อนต้นทุนของความใส่ใจ (Cost of Attention) ในฐานะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปรากฏขึ้นก่อน ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ได้ให้ความสนใจไปยังเป้าหมายนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป้าหมายที่มีการกระตุ้นจากภายนอกจะทำให้มีการลดลงในความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นช่วงของการตอบสนอง การแยกแยะและการวัดความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 เป็นการวัดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมอง ขณะทำกิจกรรมตั้งแต่ช่วงเวลาที่ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า จนถึงเวลาที่ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) (Handy, 2005, p. 12) การศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีผลต่อความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 โดยหลังการใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ทำให้ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีผลต่อการส่งสัญญาณประสาทที่คอปัสคัลโลซัม (Corpus Callosum) ระหว่างสมองสองข้าง ซึ่งมีระดับของการส่งสัญญาณที่เพิ่มขึ้น มีผลมาจากการเชื่อมต่อการทำงานร่วมกันระหว่างสมองสองข้างที่เพิ่มขึ้น (Propper & Christman, 2010)

การศึกษาในกลุ่มนักเรียนที่มีการแสดงออกทางอารมณ์ซ้ากว่าปกติ (Alexithymia) ด้วยการทำกิจกรรม Audio-Visual Oddball Tasks นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบคลื่นไฟฟ้าสมอง N100, P100 และ P300 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 หมายถึง กระบวนการรับรู้และความใส่ใจจากการได้ยินคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 หมายถึง กระบวนการรับรู้และความใส่ใจจากการมองเห็น (Visual Perceptive and Attentional Processing) และคลื่นไฟฟ้าสมอง P300 หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องและขั้นตอนการตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับความจำ (Delle-Vigne, Kornreich, Verbanck, & Campanella, 2014) การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ได้ช่วยนำไปสู่การอธิบายเมื่อเทียบกับแบบจำลองการเลือกในทฤษฎีการกรองขั้นต้นของบรอดเบนท์ (Broadbent's Early Filter Theory) ที่อธิบายถึงกระบวนการรับข้อมูลความใส่ใจ โดยที่บุคคลสามารถเลือกหรือคัดกรองที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ (Selective Attention) จากนั้น

จึงเข้าสู่ความจำระยะสั้น (Short Term Memory) (McLeod, 2008) นอกจากนี้ แนวคิดการทำงานของระบบประสาทสมองที่เกี่ยวกับการรับรู้จากการฟังเสียงดนตรีที่ชื่นชอบและเหมาะสมที่มีลักษณะการประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืน (Consonant) การใช้เสียงเมเจอร์ (Major Key) มีจังหวะเร็วในระดับปานกลางหรือเร็วขึ้นหรือเป็นเพลงที่ชอบและเลือกฟังด้วยตนเอง (Grewe, Nagel, Kopiez, & Altenmüller, 2007) การใช้ความถี่ที่แตกต่างกันในหูแต่ละข้างที่สามารถการกระตุ้นการรับรู้ทางหูได้รับยอมรับว่า มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและความรู้ความเข้าใจ โดยผ่านกระบวนการที่อยู่ในบริเวณเปลือกนอกของสมอง (Vernon, Peyer, Louch, & Shaw, 2014) และยังเป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นสากลมากที่สุดวิธีหนึ่ง (Menon & Levitin, 2005; Johnsen, Tranel, Lutgendorf, & Adolphs, 2009) ทำให้เกิดการคัดหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ได้แก่ อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อความใส่ใจและกระบวนการเรียนรู้ (Fernandez-Duque & Posner, 2005; Blokland, 1995; Poe, Walsh, & Bjorness, 2010) และยังทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation System) ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำรงความใส่ใจ (Sustain Attention) (Himmelheber, Fadel, Sarter, & Bruno, 2002; Himmelheber, Sarter, & Bruno, 2007; Sarter, Gehring, & Kozak, 2009)

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การปฏิบัติกิจกรรมรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่ 10 Hz สามารถเพิ่มความใส่ใจได้ในกลุ่มนักเรียนที่รับโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 14 วัน ๆ ละ 20 นาที จะทำให้เซลล์ประสาทสมองแข็งแรงและยืดหยุ่นเกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองในการเพิ่มศักยภาพของความใส่ใจ เหมาะแก่การนำไปใช้ได้กับทุกเพศและทุกวัย ผู้รับโปรแกรมต้องมีการได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้าง และคลื่นเสียงที่เป็นสื่อนำเข้าที่หูซ้ายและขวา สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับกลุ่มและอายุของผู้รับโปรแกรม โดยที่ลักษณะของเพลงเป็นเพลงบรรเลงไม่มีเสียงร้องมีทำนอง จังหวะระดับกลาง ฟังสบาย ประเภทของเพลงสามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อให้ตรงกับกลุ่มอายุผู้ฟังตรงตามวัย
2. หน่วยงานทั่วไปและสถาบันการศึกษา สามารถนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ไปประยุกต์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหรือศึกษาโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ร่วมกับวิชาแนะแนวหรือเปิดดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ขณะเรียนหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน เพื่อช่วยปรับคลื่นสมอง ปรับอารมณ์และเพิ่มความใส่ใจได้
3. สถาบันการศึกษาสามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ไปใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยและการบริการวิชาการ
4. นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจ นำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ไปประยุกต์เป็นทางเลือกในการกระตุ้นการทำงานของสมอง เพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญา



ด้านอื่น เช่น ด้านการเรียนรู้และการตัดสินใจ หรือช่วยในด้านการแพทย์เพื่อลดการบริโภคยาในผู้ป่วย เป็นต้น

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และถนัดมือขวา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ควรมีการศึกษาผลของโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats เพื่อเปรียบเทียบผลแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิง รวมถึงการศึกษาในนักเรียนระดับอื่น ๆ เพื่อนำโปรแกรมนี้ไปทำวิจัยต่อ

2. การวิจัยนี้ ใช้เวลาในการศึกษารวมทั้งสิ้น 14 วัน มีการประเมินผล 1 ครั้ง หลังการทดลองแล้วเสร็จเท่านั้น ดังนั้น การออกแบบการวิจัยครั้งต่อไป อาจเพิ่มระยะเวลาในการวัดผลซ้ำ เพื่อดูความคงทนของความใส่ใจและนำผลมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างเหมาะสม

3. การวิจัยนี้ ศึกษาคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ร่วมกับดนตรีบรรเลงที่ผลิตขึ้นจากเพลงที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเพิ่มความใส่ใจ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมร่วมกับโปรแกรมฟังคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับการเพิ่มความจำ

4. การวิจัยนี้ ศึกษาคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่แทรกสอดดนตรีบรรเลงเท่านั้น โดยให้ความสำคัญกับคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่บันทึกดนตรีบรรเลงคลอเป็น Background จากการทำวิจัย เห็นควรเพิ่มการศึกษาเปรียบเทียบผลจากการแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับดนตรีประเภทที่มีเนื้อร้อง เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ในแบบต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เหมาะสมที่สุด

5. การวิจัยนี้ ใช้กิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป STIM<sup>2</sup> ที่สามารถวัดความใส่ใจด้วยกิจกรรมทดสอบด้วยภาพและเสียง เพื่อดูการเพิ่มความใส่ใจจากความถูกต้องของการตอบคำถามและเวลาปฏิกริยา การศึกษาพบว่า กิจกรรมทดสอบความใส่ใจเป็นกิจกรรมที่ง่าย ทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงทางด้านเวลาปฏิกริยาได้ชัดเจน ส่วนค่าคะแนนความถูกต้องเห็นควรปรับปรุงกิจกรรมทดสอบความใส่ใจให้มีระดับความยากหรือซับซ้อนมากขึ้น

## บรรณานุกรม

- กนกวรรณ บุญญพิสิษฐ. (2549). *ตำราการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง*. กรุงเทพฯ: โฮลิสติก พับลิชชิ่ง.
- จมาภรณ์ ใจภักดี, กมล อุตล, ปรรณนา สติวิภาวี และพนม เกตุมาน. (2557). *ผลของการฝึกแบบลีกร่วมกับการผ่อนคลายกล้ามเนื้อต่อระดับความดันโลหิต และความเครียดในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง*. Graduate Research Conference. 2014. วันที่สืบค้นข้อมูล 15 พฤษภาคม 2559. เข้าถึงได้จาก <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/mmp64.pdf>
- จเร สำอางค์. (2550). *สมองดี คนตรีทำได้ Music Can Do*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- จักรกฤษ กล้าผจญ. (2554). *โครงการดนตรีบำบัดสมอง ชุดดนตรีพื้นเมืองลานนา สอดแทรกคลื่นไบออราลปีต*. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วันที่สืบค้นข้อมูล 15 พฤษภาคม 2559. เข้าถึงได้จาก <http://www.med.cmu.ac.th/research/lanna-medstudies/doc/music/music-therapy.pdf>
- ชินโอสถ หัสบำเรอ. (2541). *วิธีการใช้สมองอย่างคอมพิวเตอร์*. กรุงเทพฯ: นายสุข.
- นันทพล โรจนโกศล. (2552). พุทธจริยศาสตร์กับสังคมโลกาภิวัตน์ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนทัศน์ (Paradigm) ของบุคคลในสังคม. *วารสารบัณฑิตศึกษาปริทรรศน์*, 5(4), 49-66.
- ปรีชา ช่างขวัญยืน. (2525). *ศิลปะการฟัง การอ่าน*. กรุงเทพฯ: วิชาการ
- ปรัชญา แก้วแก่น. (2555). กระบวนการความสนใจและการประยุกต์สำหรับการวิจัยทางวิทยาการปัญญา. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 10(1), 1-10
- พนิดา วิมานรัตน์. (2556). การเพิ่มการเลือกสนใจภาพและเสียงของนักเรียนด้วยการออกกำลังกายแบบผสมกายจิตด้วยไม้พลอง: การศึกษาค้นคว้าไฟฟ้าสมอง. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, 11(2), 19-32.
- ภณารี บุษราคัมตระกูล. (2548). Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF). *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, (ฉบับพิเศษ)*, 119-123.
- มณฑิรา วิทยากิตติพงษ์. (2549). การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองในผู้ใหญ่: ความรู้พื้นฐานสำหรับพยาบาล. *สงขลานครินทร์เวชสาร*, 24(5), 445-452.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุคส์พับลิเคชันส์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 4 ธันวาคม 2554*. กรุงเทพฯ: นานมีบุคส์พับลิเคชันส์.
- สมพร กันทรดุษฎี เตรีียมชัยศรี. (2554). *กลไกของการปฏิบัติสมาธิ Mechanism of Meditation*. สำนักการแพทย์ทางเลือก, กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข.

- สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2560). สมบัติของคลื่น.  
วันที่สืบค้นข้อมูล 20 พฤษภาคม 2559. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.atom.rmutphysics.com/charud/scibook/wave5/properties/interference.html>
- สำนักการแพทย์ทางเลือก. (2551). *ดนตรีบำบัด*. กรุงเทพฯ: สุขุมวิท มีเดียมาร์เก็ตติ้ง.
- สุพรพิมพ์ เจียสกุล. (2548). *สรีรวิทยา1*. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.
- อริยะ สุพรรณเกษซ์. (2553). *พัฒนา E.Q. ด้วยเสียงเพลง*. กรุงเทพฯ: มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย.
- Ahveninen, J., Hämäläinen, M., Jääskeläinen, I. P., Ahlfors, S. P., Huang, S., Lin, F. H., & Belliveau, J. W. (2011). Attention-driven auditory cortex short-term plasticity helps segregate relevant sounds from noise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(10), 4182-4187.
- Altenmüller, E., & Schlaug, G. (2015). Apollo's gift: new aspects of neurologic music therapy. *Progress in Brain Research*, 217, 237-252.
- Altenmüller, E., Schürmann, K., Lim, V. K., & Parlitz, D. (2002). Hits to the left, flops to the right: different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns. *Neuropsychologia*, 40(13), 2242-2256.
- Alves, P. A., Turova, V., Blumenstein, T., Thienel, A., Wohlschläger, A., & Lampe, R. (2015). fMRI assessment of neuroplasticity in youths with neurodevelopmental-associated motor disorders after piano training. *European Journal of Paediatric Neurology*, 19(1), 15-28.
- Anderson, J. R. (2005). *Cognitive psychology and its implications* (6<sup>th</sup> ed.). New York: Worth Publishers.
- Anderson, N. D., Lidaka, T., Cabeza, R., Kapur, S., McIntosh, A. R., & Craik, F. I. (2000). The effects of divided attention on encoding-and retrieval-related brain activity: A PET study of younger and older adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 775-792.
- Angelucci, F., Ricci, E., Padua, L., Sabino, A., & Tonalì, P. A. (2007). Music exposure differentially alters the levels of brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in the mouse hypothalamus. *Neuroscience Letters*, 429(2), 152-155.
- Arshavsky, Y. I. (2006). The seven sins of the Hebbian synapse: can the hypothesis of synaptic plasticity explain long-term memory consolidation. *Progress in neurobiology*, 80(3), 99-113.
- Ashby, F. G., Isen, A. M., & Turken, A. U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*, 106(3), 529-550.

- Ashby, F. G., Valentin, V. V., & Turken, A. U. (2002). The effects of positive affect and arousal on working memory and executive attention. *Advances in Consciousness Research, 44*, 245-288.
- Atwater, F. H. (1997). Accessing Anomalous States of Consciousness with a Binaural Beat Technology. *Journal of Scientific Exploration, 11*(3), 263-274.
- Atwater, F. H. (2009). *Binaural Beats and the Regulation of Arousal Levels*. Retrieved from <https://www.monroeinstitute.org/article/3002>
- Awh, E., Vogel, E. K., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience, 139*(1), 201-208.
- Aylward, G. P., Brager, P., & Harper, D. C. (2002). Relations between visual and auditory continuous performance tests in a clinical population: a descriptive study. *Developmental Neuropsychology, 21*(3), 285-303.
- Babiloni, C., Del Percio, C., Iacoboni, M., Infarinato, F., Lizio, R., Marzano, N., & Eusebi, F. (2008). Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. *The Journal of Physiology, 586*(1), 131-139.
- Bahrack, L. E. (2010). Intermodal perception and selective attention to intersensory redundancy: Implications for typical social development and autism. *Blackwell handbook of infant development, 1*, 120-165.
- Berridge, K. C. (2003). Pleasures of the brain. *Brain and Cognition, 52*(1), 106-128.
- Bezdek, M. A., Wenzel, W. G., & Schumacher, E. H. (2017). The effect of visual and musical suspense on brain activation and memory during naturalistic viewing. *Biological Psychology, 129*, 73-81.
- Bliss, T. V., & Collingridge, G. L. (1993). A synaptic model of memory: long-term potentiation in the hippocampus. *Nature, 361*(6407), 31-39.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 98*(20), 11818-11823.
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in cognitive sciences, 8*(12), 539-546.
- Boynton, G. M. (2005). Attention and visual perception. *Current Opinion in Neurobiology, 15*(4), 465-469.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2004). Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport, 15*(13), 2033-2037.
- Busek, P., & Kemlink, D. (2005). The influence of the respiratory cycle on the EEG. *Physiological Research, 54*(3), 327.

- Caldwell, G. N., & Riby, L. M. (2007). The effects of music exposure and own genre preference on conscious and unconscious cognitive processes: A pilot ERP study. *Consciousness and Cognition, 16*(4), 992-996.
- Carter, C. (2008). Healthcare performance and the effects of the binaural beats on human blood pressure and heart rate. *Journal of Hospital Marketing & Public Relations, 18*(2), 213-219.
- Choi, D., Ryu, Y., Lee, Y., & Lee, M. (2011). Performance evaluation of a motor-imagery-based EEG-Brain computer interface using a combined cue with heterogeneous training data in BCI-Naive subjects. *Biomedical Engineering Online, 10*(1), 91.
- Christman, S. D., & Propper, R. E. (2010). Dreaming, handedness, and sleep architecture: Interhemispheric mechanisms. *International Review of Neurobiology, 92*, 215-232.
- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology, 62*, 73-101.
- Chun, M. M., & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory. *Current Opinion in Neurobiology, 17*(2), 177-184.
- Colburn, H. S., & Durlach, N. I. (1978). Models of binaural interaction. *Handbook of Perception, 4*, 467-518.
- Combs, D. R., & Gouvier, W. D. (2004). The role of attention in affect perception: an examination of Mirsky's four factor model of attention in chronic schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin, 30*(4), 727-738.
- Delle, V. D., Kornreich, C., Verbanck, P., & Campanella, S. (2014). Subclinical alexithymia modulates early audio-visual perceptive and attentional event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(106).
- Dennis, T. A., & Solomon, B. (2010). Frontal EEG and emotion regulation: Electrocortical activity in response to emotional film clips is associated with reduced mood induction and attention interference effects. *Biological Psychology, 85*(3), 456-464.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience, 18*(1), 193-222.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review, 70*(1), 80.
- DonCarlos, L. L., Azcoitia, I., & Garcia-Segura, L. M. (2009). Neuroprotective actions of selective estrogen receptor modulators. *Psychoneuroendocrinology, 34*, 113-122.

- Driver, J., & Frackowiak, R. S. (2001). Neurobiological measures of human selective attention. *Neuropsychologia*, *39*(12), 1257-1262.
- Edmonds, W, A., & Kennedy, T, D. (2017). *An Applied Reference Guide to Research Design: Quantitative, quantitative and mixed methods*. SAGE Publications.
- Fehmi, L. G. (2007). *Synchrony Training and Verbally Guided Attention Training*. Handbook of Neurofeedback: Dynamics and Clinical Applications, 301.
- Fernandez, D, D., & Posner, M. I. (2001). Brain imaging of attentional networks in normal and pathological states. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *23*(1), 74-93.
- Filbey, F. M., Russell, T., Morris, R. G., Murray, R. M., & McDonald, C. (2008). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) of attention processes in presumed obligate carriers of schizophrenia: Preliminary findings. *Annals of General Psychiatry*, *7*(1), 18.
- Fougnie, D. (2008). The Relationship between Attention and Working Memory. *New Research on Short-Term Memory*, *7*(1), 1-45.
- Foy, B. D., Kobylinski, K. C., Foy, J. L. C., Blitvich, B. J., da Rosa, A. T., Haddow, A. D., Tesh, R. B. (2011). Probable non-vector-borne transmission of Zika virus, Colorado, USA. *Emerging Infectious Diseases*, *17*(5), 880.
- Frith, C. (2001). A framework for studying the neural basis of attention. *Neuropsychologia*, *39*(12), 1367-1371.
- Fukui, H., & Toyoshima, K. (2008). Music facilitate the neurogenesis, regeneration and repair of neurons. *Medical Hypotheses*, *71*(5), 765-769.
- Fulcher, E. (2009). *Cognitive Psychology*. Retrieved from <http://www.eamonfulcher.com/CogPsych/frontPage.htm>.
- Gao, X., Cao, H., Ming, D., Qi, H., Wang, X., Wang, X., & Zhou, P. (2014). Analysis of EEG activity in response to binaural beats with different frequencies. *International Journal of Psychophysiology*, *94*(3), 399-406.
- Garcia-Segura, L. M. (2009). *Hormones and brain plasticity*. Oxford University Press.
- Goldstein, E. (2010). *Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience*. California: Nelson Education.
- Gravetter, F. J., & Forzano, L. A. B. (2015). *Research methods for the behavioral sciences*. New York: Nelson Education.
- Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2007). Listening to music as a re-creative process: Physiological, psychological, and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Perception*, *24*(3), 297-314.

- Grose, J. H., Buss, E., & Hall, J. W. (2012). Binaural beat salience. *Hearing research*, 285(1), 40-45.
- Guilleminault, C., Kirisoglu, C., Bao, G., Arias, V., Chan, A., & Li, K. K. (2005). Adult chronic sleepwalking and its treatment based on polysomnography. *Brain*, 128(Pt 5), 1062-1069.
- Handy, C. T., (2005). Event-Related Potentials: A Methods Handbook, MIT Press, Cambridge, Mass, USA. *Psychophysiology*, 46(4), 678-699.
- Hasegawa, T., Matsuki, K. I., Ueno, T., Maeda, Y., Matsue, Y., Konishi, Y., & Sadato, N. (2004). Learned audio-visual cross-modal associations in observed piano playing activate the left planum temporale. An fMRI study. *Cognitive Brain Research*, 20(3), 510-518.
- Hastings. (2007). *Tests of the sleep induction Technique*. Retrieved from <http://www.project-meditation.org/community/threads/scientific-research>
- Helané, W., Carlo, C., & Heather, Z. (2007). Binaural beat technology in humans: a pilot study to assess psychologic and physiologic effects. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(1), 25-32.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental Psychology*, 45(1), 114.
- Himmelheber, A., Fadel, J., Sarter, M., & Bruno, J. P. (2002). Effects of local cholinesterase inhibition on acetylcholine release assessed simultaneously in prefrontal and frontoparietal cortex. *Neuroscience*, 86(3), 949-957.
- Hobson, J. A. (2009). REM sleep and dreaming: Towards a theory of protoconsciousness. *Nat Rev Neurosci*, 10(11), 803-813.
- Hoogendam, J. M., Ramakers, G. M., & Di Lazzaro, V. (2010). Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain. *Brain stimulation*, 3(2), 95-118.
- Huang, S. Z., Sommer, M., Thicbroorn, G., Hamada, M., Pascual-Leonne, A., Paulus, W., Classen, J., Peterchev, A. V., Zang, A., Ugawa, Y. (2004). Consensus: New methodologies for brain stimulation. *Brain Stimulation*, 2, 2-13.
- Izquierdo, I., Cammarota, M., Silva, W. C. D., Bevilaqua, L. R., Rossato, J. I., Bonini, J. S., & Medina, J. H. (2008). The evidence for hippocampal long-term potentiation as a basis of memory for simple tasks. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80(1), 115-127.

- Jay, T. M. (2003). Dopamine: a potential substrate for synaptic plasticity and memory mechanisms. *Progress in Neurobiology*, *69*, 375-390.
- Jenkins, S., Brown, R., & Rutterford, N. (2009). Comparing thermo graphic, EEG, and subjective measures of affective experience during simulated product Interactions. *Emotion*, *6*(4), 376-399.
- Jerath, R., Edry, J. W., Barnes, V. A., & Jerath, V. (2006). Physiology of long pranayamic breathing: neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. *Medical Hypotheses*, *67*(3), 566-571.
- Johnsen, E. L., Tranel, D., Lutgendorf, S., & Adolphs, R. (2009). A neuroanatomical dissociation for emotion induced by music. *International Journal of Psychophysiology*, *72*(1), 24-33.
- Johnson, A., & Proctor, R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Kafshgari, N. N., Kahaki, R. D., Moradi, M. H., & Younesi, A. (2014). *An ERP study on visual attention to facial stimuli; N170 component*. In Electrical Engineering (ICEE), 2014 22<sup>nd</sup> Iranian Conference on (pp. 1976-1979). IEEE.
- Kanwisher, N., & Wojciulik, E. (2000). Visual attention: Insights from brain imaging. *Nature Reviews Neuroscience*, *1*(2), 91-100.
- Kasprzak, C. (2011). Influence of binaural beats on EEG signal. *Acta Physical Polonica A*, *119*(6), 986-990.
- Kennel, S., Taylor, A. G., Lyon, D., & Bourguignon, C. (2010). Pilot feasibility study of binaural auditory beats for reducing symptoms of inattention in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Pediatric Nursing*, *25*(1), 3-11.
- Kim, C. H., Hahn, M. K., Joung, Y., Anderson, S. L., Steele, A. H., Mazei-Robinson, M. S., & Waldman, I. D. (2006). A polymorphism in the norepinephrine transporter gene alters promoter activity and is associated with attention-deficit hyperactivity disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(50), 19164-19169.
- Kim, H. J., Park, H. K., Lim, D. W., Choi, M. H., Kim, H. J., Lee, I. H., & Chung, S. C. (2013). Effects of oxygen concentration and flow rate on cognitive ability and physiological responses in the elderly. *Neural Regeneration Research*, *8*(3), 264.



- Koelsch, S., & Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 578-584.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., Wittfoth, M., & Sammler, D. (2006). Interaction between syntax processing in language and in music: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1565-1577.
- Koelsch, S., Offermanns, K., & Franzke, P. (2010). Music in the treatment of affective disorders: an exploratory investigation of a new method for music-therapeutic research. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 27(4), 307-316.
- Koelsch, S., Schroger, E., & Gunter, T. C. (2012). Music matters: Preattentive musicality of the human brain. *Psychophysiology*, 39(1), 38-48.
- Lagopoulos, J., Xu, J., Rasmussen, I., Vik, A., Malhi, G. S., Eliassen, C. F., Arntsen, I. E., Saether, J. G., Hollup, S., Davanger, S., & Ellingsen, O. (2009). Increased theta and alpha EEG activity during nondirective meditation. *The J of Alternative and Complementary Medicine*, 15(11), 1187-1192
- Larsen, R. J., & Fredrickson, B. L. (2003). *Measurement issues in emotion research*. Inc.
- Li, W., Yu, H., Yang, J. H., Feng, M., Zhao, Y., & Chen, Z. (2010). Anxiolytic effect of music exposure on BDNF transgenic mice. *Brain Research*, 1347, 71-79.
- Luangboriboon, V., Tantayanon, S., & Wongsawat, Y. (2013). A portable binaural beat device for learning stimulation. *IRACST- International Journal of Research in Management & Technology (IJRMT)*, 3(3).
- Luck, S. J., & Gold, J. M. (2008). The construct of attention in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 64(1), 34-39.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT Press.
- Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Fiocco, A., & Schramek, T. E. (2007). The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. *Brain and Cognition*, 65(3), 209-237.
- Lynch, M. A. (2004). Long-term potentiation and memory. *Physiological Reviews*, 84(1), 87-136.
- MacLusky, N. J., Hajszan, T., Prange-Kiel, J., & Leranth, C. (2006). Androgen modulation of hippocampal synaptic plasticity. *Neuroscience*, 138(3), 957-965.
- Martini, F. H. (1998). *Fundamentals of anatomy and physiology*. U.S.A.: Prentice Hall, Inc.
- Matthews, B. R. (2008). The Musical Brain. *BIOCHEMIST*, 24(6), 16-18.

- Mattson, M. P. (2009). *Cellular and neurochemical aspects of the aging human brain. Principles of geriatric medicine and gerontology* (5<sup>th</sup> ed.). New York: McGraw-Hill, 1193-1208.
- McConnell, M. M., & Shore, D. I. (2011). Mixing measures: Testing an assumption of the Attention Network Test. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 1096-1107.
- McLeod, S. (2008). *Simply psychology: Information Processing*. Retrieved from <http://www.simplypsychology.org/psychosexual.html>.
- Meng, B., Zhu, S., Li, S., Zeng, Q., & Mei, B. (2009). Global view of the mechanisms of improved learning and memory capability in mice with music-exposure by microarray. *Brain Research Bulletin*, 80(1), 36-44.
- Menon, V., & Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*, 28(1), 175-184.
- Montgomery, J. M., & Madison, D. V. (2004). Discrete synaptic states define a major mechanism of synapse plasticity. *Trends in neurosciences*, 27(12), 744-750.
- Moore, D. R., Ferguson, M. A., Halliday, L. F., & Riley, A. (2008). Frequency discrimination in children: Perception, learning and attention. *Hearing Research*, 238(1), 147-154.
- Moray, N. (2017). *Attention: Selective processes in vision and hearing*. Routledge.
- Morrison, S. J., Demorest, S. M., Aylward, E. H., Cramer, S. C., & Maravilla, K. R. (2003). fMRI investigation of cross-cultural music comprehension. *Neuroimage*, 20(1), 378-384.
- Newberg, A., & d'Aquili, E. G. (2008). *Why God won't go away: Brain science and the biology of belief*. New York: Ballantine.
- Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2005). *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychological*, 9(1), 97-113.
- Oster, S. M. (1999). Modern competitive analysis. *Business Economics*, 30(2), 74-76.
- Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133-155.
- Peelen, M. V., & Mruczek, R. E. (2008). Sources of spatial and feature-based attention in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 28(38), 9328-9329.

- Pereda, E., Rahman, S., & Bhattacharya, J. (2014). The structure of functional brain EEG network is sensitive to genre specific musical creativity: A study on jazz and classical piano music performance. *International Journal of Psychophysiology*, 2(94), 161-188.
- Poe, G. R., Walsh, C. M., & Bjorness, T. E. (2010). Cognitive neuroscience of sleep. *Prog Brain Res*, 18(5), 74-93.
- Propper, R. E., & Christman, S. D. (2010). Interhemispheric interaction and saccadic horizontal eye movements: Implications for episodic memory, EMDR, and PTSD. *Journal of EMDR Practice and Research*, 2(4), 269-281.
- Reedijk, S., Bolders, A., & Hommel, B. (2013). The impact of binaural beats on creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(7), 186-199.
- Rickrad, N. S. (2004). Intense emotional responses to music: A test of the physiological arousal hypothesis. *Psychology of Music*, 32, 371-388.
- Ridderinkhof, K. R., & van der Stelt, O. (2000). Attention and selection in the growing child: views derived from developmental psychophysiology. *Biol Psychol*, 54(1-3), 55-106.
- Samara, Z., Elzinga, B. M., Slagter, H. A., & Nieuwenhuis, S. (2011). Do horizontal saccadic eye movements increase interhemispheric coherence? Investigation of a hypothesized neural mechanism underlying EMDR. *Frontiers in Psychiatry*, 2(7), 365-379.
- Sanders, L. D., Stevens, C., Coch, D., & Neville, H. J. (2006). Selective auditory attention in 3-to 5-year-old children: An event-related potential study. *Neuropsychologia*, 44(11), 2126-2138.
- Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., Autti, T., Silvennoinen, H. M., Erkkilä, J., Laine, M., Peretz, I., & Hietanen, M. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 131, 866-876.
- Sarter, M., Albin, R. L., Kucinski, A., & Lustig, C. (2014). Where attention falls: increased risk of falls from the converging impact of cortical cholinergic and midbrain dopamine loss on striatal function. *Experimental Neurology*, 257, 120-129.
- Sarter, M., Gehring, W. J., & Kozak, R. (2009). More attention must be paid: the neurobiology of attentional effort. *Brain Research Reviews*, 51(2), 145-160.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(2), 160-166.

- Sihvonen, A. J., Särkämö, T., Leo, V., Tervaniemi, M., Altenmüller, E., & Soinila, S. (2017). Music-based interventions in neurological rehabilitation. *The Lancet Neurology*, *16*(8), 648-660.
- Silverthorn, D. U. (2004). *Human physiology an integrated approach* (3<sup>rd</sup> ed.). U.S.A. Pearson Education. Inc.
- Skoe, E., & Kraus, N. (2010). Auditory brainstem response to complex sounds: A tutorial. *Ear and hearing*, *31*(3), 302-324.
- Solca, M., Mottaz, A., & Guggisberg, A. G. (2016). Binaural beats increase interhemispheric alpha-band coherence between auditory cortices. *Hearing Research*, *332*, 233-237.
- Steriade, M., McCormick, D. A., & Sejnowski, T. J. (1993). Thalamocortical oscillations in the sleeping and aroused brain. *Science*, *262*(5134), 679-685.
- Sternberg, R. J. (2009). *Cognitive Psychology* (6<sup>th</sup> ed.). Wadsworth, Belmont, CA, USA.
- Stevens, C., & Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. *Developmental cognitive Neuroscience*, *2*, 30-48.
- Strickland, O. L., Lenz, E. R., & Waltz, C. (2010). *Instrumentation and data collection. In Measurement in nursing and health research* (4<sup>th</sup> ed.). New York: Springer Publishing.
- Tang, Y. Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., & Posner, M. I. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(43), 17152-17156.
- Taylor, J. G., & Fragopanagos, N. F. (2005). The interaction of attention and emotion. *Neural Networks*, *18*(4), 353-369.
- Tei, S., Faber, P. L., Lehmann, D., Tsujiuchi, T., Kumano, H., Pascual-Marqui, R. D., Pascual-Marqui, R. D., Gianotti, L. R., Kochi, K. (2009). Meditators and non-meditators: EEG source imaging during resting. *Brain Topography*, *22*(3), 158-165.
- Thompson, T., Steffert, T., Ros, T., Leach, J., & Gruzelier, J. (2008). EEG applications for sport and performance. *Methods*, *45*(4), 279-288.
- Treisman, A. (1964). Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *3*(6), 449-459.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology*, *12*(1), 97-136.

- Tseng, P. T., Chen, Y. W., Lin, P. Y., Tu, K. Y., Wang, H. Y., Cheng, Y. S., & Wu, C. K. (2016). Significant treatment effect of adjunct music therapy to standard treatment on the positive, negative, and mood symptoms of schizophrenic patients: a meta-analysis. *BMC Psychiatry, 16*(1), 16.
- Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive Psychology, 71*, 1-26.
- Vernon, D., Peryer, G., Louch, J., & Shaw, M. (2014). Tracking EEG changes in response to alpha and beta binaural beats. *International Journal of Psychophysiology, 93*(1), 134-139.
- Wahbeh, H., Calabrese, C., & Zwickey, H. (2007). Binaural beat technology in humans: a pilot study to assess psychologic and physiologic effects. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 13*(1), 25-32.
- Weissman, D. H., Warner, L. M., & Woldorff, M. G. (2004). The neural mechanisms for minimizing cross-modal distraction. *Journal of Neuroscience, 24*(48), 10941-10949.
- Wickens, C. D., & Carswell, C. (2006). *Handbook of human factors and ergonomics*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- William, J. (1950). *The Principles Of Psychology Vol I* (Vol. 1). Bighthouse.
- Zhu, W., Zhang, J., Ding, X., Zhou, C., Ma, Y., & Xu, D. (2009). Crossmodal effects of Guqin and piano music on selective attention: An event-related potential study. *Neuroscience Letters, 466*(1), 21-26.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล
2. แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น
3. แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอ็ดวินเบอร์ก
4. การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart)

รหัส □□□

## แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล

คำชี้แจง ให้ผู้สอบถามทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง □ หน้าข้อความที่เป็นคำตอบหรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่านมากที่สุด

1. ปัจจุบันท่านมีอายุ.....ปี (นับจาก พ.ศ. เกิด หากเกิน 6 เดือน นับเป็น 1 ปี)
2. มือข้างที่ถนัด
  - ขวา                                       ซ้าย                                       ถนัดทั้งสองข้าง
3. ท่านเคยมีประวัติการเป็นโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อตา
  - ไม่มี                                       มี โปรดระบุ.....
4. ท่านเคยมีอาการเจ็บป่วยทางจิตเวชหรือไม่
  - ไม่มี                                       มี โปรดระบุ.....
5. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่
  - ไม่มี                                       มี โปรดระบุ.....
6. การมองเห็น
  - ปกติ                                       ต้องใส่แว่นขยายสายตา
7. การใช้คอมพิวเตอร์
  - เป็น                                       ไม่เป็น
8. ปัจจุบันท่านใช้เวลาว่างส่วนใหญ่ทำอะไร
  - เล่นเกม     อ่านหนังสือ                       ดูทีวี ดูหนัง
  - ใช้ Social Network เช่น line, Facebook     อื่นๆ ระบุ.....
9. ท่านเคยได้รับการฝึกการเพิ่มความใส่ใจมาก่อนหรือไม่
  - ไม่เคย                                       เคย โปรดระบุ.....



## แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น

Center for Epidemiologic Studies-Depression Scale (CES-D) ฉบับภาษาไทย

ชื่อ.....นามสกุล..... NO.....

ท่านมีความรู้สึกดังต่อไปนี้บ่อยเพียงใดใน 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา กรุณา  ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ในระยะ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	ไม่เลย ( < 1 วัน )	นาน ๆ ครั้ง ( 1-2 วัน )	บ่อย ๆ ( 3-4 วัน )	ตลอดเวลา ( 5-7 วัน )
1. ฉันรู้สึกหงุดหงิดง่าย				
2. ฉันรู้สึกเบื่ออาหาร				
3. ฉันไม่สามารถขจัดความเศร้าออกจากใจได้ แม้จะมีคนคอยช่วยเหลือก็ตาม				
4. ฉันรู้สึกว่าตนเองดีพอ ๆ กับคนอื่น				
5. ฉันไม่มีสมาธิ				
6. ฉันรู้สึกหดหู่				
7. ทุก ๆ สิ่งที่ทำฉันกระทำจะต้องฝืนใจ				
8. ฉันมีความหวังเกี่ยวกับอนาคต				
9. ฉันรู้สึกว่าชีวิตมีแต่สิ่งล้มเหลว				
10. ฉันรู้สึกหวาดกลัว				
11. ฉันนอนไม่เคยหลับ				
12. ฉันมีความสุข				
13. ฉันไม่ค่อยอยากคุยกับใคร				
14. ฉันรู้สึกเหงา				
15. ผู้คนทั่วไปไม่ค่อยเป็นมิตรกับฉัน				
16. ฉันรู้สึกว่าชีวิตนี้สนุกสนาน				
17. ฉันร้องไห้				
18. ฉันรู้สึกเศร้า				
19. ผู้คนรอบข้างไม่ชอบฉัน				
20. ฉันรู้สึกท้อถอยในชีวิต				
รวมคะแนน				

การแปลผล เมื่อรวมคะแนนทุกข้อแล้วถ้าคะแนนรวมสูงกว่า 22 ถือว่าอยู่ในข่ายภาวะซึมเศร้า สมควรได้รับการตรวจวินิจฉัย เพื่อช่วยเหลือต่อไป

### แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือของเอดินเบอร์ก

ชื่อ-สกุล (นาย/นาง/นางสาว).....อายุ.....ปี

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับการใช้มือของท่านในแต่ละกิจกรรม  
ดังต่อไปนี้

ข้อ	กิจกรรม	มือข้างที่ใช้ทำกิจกรรม	
		ซ้าย	ขวา
1	ท่านใช้มือข้างใดเขียนหนังสือ		
2	ท่านใช้มือข้างใดในการวาดรูป		
3	ท่านใช้มือข้างใดจับยางลบในขณะที่ลบคำผิด		
4	ท่านใช้มือข้างใดในการขว้างลูกบอล หรือโยนวัตถุ		
5	ท่านใช้มือข้างใดจับกรรไกรเวลาตัดผ้า หรือกระดาษ		
6	ท่านใช้มือข้างใดจับหวีเพื่อหวีผม		
7	ท่านใช้มือข้างใดจับแปรงสีฟันในขณะที่แปรงฟัน		
8	ท่านใช้มือข้างใดจับค้อนขณะที่ตอกตะปู		
9	ท่านใช้มือข้างใดจับช้อนรับประทานอาหารในขณะที่รับประทานอาหาร		
10	ท่านใช้มือข้างใดจับไขควงที่ขันสกรู หรือน็อต		
11	ท่านใช้มือข้างใดเล่นเทนนิส/ปิงปอง/แบดมินตัน		
12	ท่านใช้มือข้างใดจับมีดขณะหั่น (เนื้อ, ผัก, อื่นๆ)		
13	ท่านใช้มือข้างใดจับไม้กวาดขณะกวาดบ้าน		
14	ท่านใช้มือข้างใดจับฟองน้ำในขณะที่ล้างจาน		
15	ท่านใช้มือข้างใดจับไม้ขนไก่ในขณะที่ปิดฝู้น		
16	ท่านใช้มือข้างใดเปิดกล่อง		
17	ท่านใช้มือข้างใดใช้เข็มเย็บผ้า		
18	ท่านใช้มือข้างใดจับไม้ตีแมลง		
19	ท่านใช้มือข้างใดจับก้านไม้ขีดเพื่อจุดไฟ		
20	ท่านใช้มือข้างใดแจกไฟ		

## การวัดระดับสายตาระยะใกล้ด้วยเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart)

### ขั้นตอนการวัดสายตาระยะใกล้ด้วยเจเกอร์ชาร์ต

1. วัดสายตาที่ละข้าง เริ่มจากด้านขวา ก่อน ส่วนตาข้างซ้าย ให้ใช้กระดาษแข็งเล็ก ๆ บังตาข้างซ้ายไว้
2. ให้ผู้ที่ต้องการวัดถือเจเกอร์ชาร์ต (ภาพด้านล่าง) ห่างจากตาประมาณ 14 นิ้ว
3. ให้อ่านตัวเลขทุกตัว ออกเสียงตั้งแต่บรรทัดบนสุดลง อ่านได้ถึงบรรทัดไหน ให้บันทึกระดับสายตาระดับนั้น เช่น อ่านได้ถึงบรรทัดที่มีตัวเลข “8 7 4 3” ให้บันทึกระดับสายตาว่า “เจ 7 (J7)” เป็นต้น หรือบันทึกว่า “เจ  $10^{+2}$  (J10<sup>+2</sup>)” เป็นต้น
4. เปลี่ยนมาวัดตาข้างซ้าย โดยใช้กระดาษแข็งเล็ก ๆ บังตาข้างขวาไว้ แล้วปฏิบัติตามข้อ 2 และข้อ 3
5. การวัดสายตาให้เริ่มจากการวัดด้วยตาเปล่าก่อน หลังจากนั้นจึงวัดขณะสวมแว่นตา



ภาคผนวก ข

แบบประเมินความเหมาะสมโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ  
Binaural Beats



แบบประเมินความเหมาะสมโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats คำชี้แจง แบบประเมินนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิแสดงความคิดเห็นโปรดพิจารณาว่า “โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats” มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง “ระดับความเหมาะสม” ตามความคิดเห็นของท่าน โดยได้กำหนดระดับความเหมาะสมดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1	ด้านรายชื่อเพลง						
	1.1 ก่อนฤดูฝน ศิลปิน The Tops						
	1.2.เป็นทุกอย่าง ศิลปิน Room 39						
	1.3 อย่าให้ฉันคิด ศิลปิน Room 39						
	1.4 Foe (ไม่ใช่พระเอก) ศิลปิน The Rube						
	1.5 เธอเปลี่ยนไปแล้ว ศิลปิน ทศพร อาชวานันทกุล						
	1.6 ฉันมาบอกว่า ศิลปิน Season Five						
	1.7 I'm sorry (เสียดา) ศิลปิน The Rube						
	1.8 เพื่อนรัก ศิลปิน The Parkinson						
	1.9 Restart ศิลปิน Room 39						
	1.10 Unfriend ศิลปิน Helmet heads						
	1.11 ความจริง ศิลปิน Room 39 Loveis						
	1.12 การเดินทาง ศิลปิน ชาติ สุชาติ What The Duck						
2	ด้านเสียงดนตรี						
	2.1 ระดับเสียง (Pitch) อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ฟังแล้วชวนให้เกิดความสนใจ						
	2.2 อัตราเสียง (Duration) ช่วงความสั้นความยาวของตัวโน้ต (Note) และตัวหยุด (Rest)						

ข้อ	รายการ	ระดับความเหมาะสม					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
	2.3 ความดัง-ค่อยของเสียง (Dynamic) ความแตกต่างของช่วงความกว้างหรือความสูงของคลื่นเสียง						
	2.4 คุณภาพเสียง (Tone Quality) เสียงของดนตรีที่ทำให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างได้						
<b>3</b>	<b>ด้านจังหวะ (Rhythm)</b>						
	3.1 การเคาะ (Beat) และการเน้น (Accent) เป็นมาตรฐานความช้า-เร็ว ในการเคาะจังหวะเพลงให้เท่ากัน						
	3.2 อัตราความเร็ว (Tempo) ความช้า-เร็วของบทเพลงสม่ำเสมอเท่ากัน						
<b>4</b>	<b>ด้านทำนอง (Melody)</b>						
	4.1 ทำนอง มีการเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง และซ้ำกับที่						
	4.2 มีพิกัดความสั้น-ยาวและพิกัดเสียงสูง-ต่ำ						
	4.3 จังหวะและทำนอง เกิดขึ้นจากระยะสั้นยาวของเสียง						
<b>5</b>	<b>ด้านวิธีการใช้โปรแกรม</b>						
	5.1 การหายใจแบบลึก (Deep Breathing) เป็นเวลา 3 นาที						
	5.2 ระยะเวลาการใช้โปรแกรม วันละ 20 นาที						
	5.3 ระยะเวลาการใช้โปรแกรมฝึก วันละ 1 ครั้ง ติดต่อกัน เป็นระยะเวลา 14 วัน						
<b>6</b>	<b>รูปแบบการใช้งาน</b>						
	6.1 โปรแกรมฝึกมีการอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน						
	6.2 รายละเอียดการฝึกครอบคลุมวัตถุประสงค์						
	6.3 โปรแกรมฝึกมีความต่อเนื่อง						
	6.4 โปรแกรมฝึกมีความง่ายต่อการใช้งาน						

### 7. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

**ภาคผนวก ค**

สำเนาใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ที่ ๐๒๑/๒๕๖๐



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์  
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา  
มหาวิทยาลัยบูรพา

๑. ชื่อเรื่องคุณูปนิพนธ์  
ชื่อเรื่อง การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์  
TITLE ENHANCING THE ATTENTION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS USING BINAURAL BEATS MUSIC PROGRAM: AN EVENT-RELATED POTENTIAL STUDY)
๒. ชื่อนิสิต (นาย, นาง, นางสาว): ศศิวิมล พรหมณี  
หลักสูตร ปรัชญาคุณูปบัณฑิต (Ph.D.) สาขาวิชา การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา  
รหัส ๕๒๘๑๐๒๔๘
๓. ผลการพิจารณาของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์  
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าเค้าโครงคุณูปนิพนธ์ดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง และผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของเค้าโครงคุณูปนิพนธ์ที่เสนอได้ ตั้งแต่วันที่ออกเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ จนถึงวันที่ ๓๐ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ออกให้ ณ วันที่ ๑๓ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๐

(ลงนาม)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กรเพชรปानी)  
คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา





## ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หัวข้อดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

วันที่ให้คำยินยอม วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. ....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม  
(.....)

ลงนาม.....พยาน  
(.....)

ลงนาม.....ผู้ทำวิจัย  
(ศศิวิมล พราหมณี)



SABAIDEE  
CLINIC

สบายดีคลินิกเวชกรรม ๑๑๒/๒๓๘ ม.๑๐  
ซอย เขาดาลิ ต.หนองปรือ อ.บางละมุง  
จ.ชลบุรี ๒๐๑๕๐ โทร ๐๓๘๓๓๓๒๒๐

## ใบรับรองแพทย์

วันที่ ๒๘ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๐

ข้าพเจ้า นพ. พีรวัศ กาญจนเบญจจา ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพเวชกรรม เลขที่ ว.๔๔๘๗๐ ได้ทำการตรวจร่างกายและทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของนักเรียนผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย เรื่อง “การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักยภาพโฟฟ้ามองสัมพันธ์กับเหตุการณ์” จำนวน ๖๗ คน ดังรายชื่อตามเอกสารแนบ

ขอรับรองว่า นักเรียนผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยดังกล่าว จำนวน ๖๗ คน ไม่เป็นผู้มีร่างกายทุพพลภาพ มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ดี มีสภาพทั่วไปของช่องหูทั้งสองข้างเป็นปกติ ไม่มีสิ่งกีดขวางหรืออุดตัน สามารถมองเห็นเยื่อแก้วหูได้ชัดเจนทั้งสองข้าง ผลการทดสอบการได้ยินเสียงผ่านอากาศด้วยคลื่นความถี่ต่างๆ พบว่าสามารถได้ยินได้ตามปกติ

โดยสรุปแล้ว นักเรียนผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้ง ๖๗ คน ตรวจไม่พบความผิดปกติในการได้ยิน

นายแพทย์ พีรวัศ กาญจนเบญจจา

ว. ๔๔๘๗๐

ภาคผนวก ง  
กิจกรรมและข้อมูลจากการทดลอง

## ตารางการเก็บข้อมูลและขั้นตอนการทำกิจกรรม

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

กลุ่ม	เลขที่	วันที่เริ่ม	วันที่สิ้นสุด กิจกรรม	จำนวนวัน ที่ทำกิจกรรม
กลุ่มที่ 1	1-12	3 ต.ค. 60	18 ต.ค. 60	16
กลุ่มที่ 2	13-24	4 ต.ค. 60	19 ต.ค. 60	16
กลุ่มที่ 3	25-36	5 ต.ค. 60	20 ต.ค. 60	16
กลุ่มที่ 4	37-48	6 ต.ค. 60	21 ต.ค. 60	16
กลุ่มที่ 5	49-60	7 ต.ค. 60	23 ต.ค. 60	16

ขั้นตอนการทำกรวิจัย		
วันที่	เวลา	รายละเอียด
1	08:00 น.	- เดินทางไปทำแบบทดสอบที่ คณะวิทยาการวิจัยวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
	17:30 น.	- เดินทางกลับถึงโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา)
2 ถึง 15	07:30 น.	- รายงานตัวพร้อม - หายใจเพื่อผ่อนคลาย - ฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และที่ไม่แทรก สอดคลื่นเสียง
	08:00 น.	- เสร็จสิ้นโปรแกรมฟังเพลง - นักเรียนกลับบ้าน
16	08:00 น.	- เดินทางไปทำแบบทดสอบที่ คณะวิทยาการวิจัยวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
	17:30 น.	- เดินทางกลับถึงโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) - เสร็จสิ้นกิจกรรม

ภาพกิจกรรมการทดลอง



การวัดรอบศีรษะเพื่อใส่อุปกรณ์การทดลอง

## การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง



## การตรวจการได้ยินของแพทย์



การใช้โปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats



กิจกรรมการฝึกโปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats





หลับตา  
(Close eyes)

เมื่อมีเสียงสัญญาณลืมตาได้

ลืมตา  
(Open eyes)



## Audio CPT

## Visual CPT

SOUND	PRESS
High	2
Low	1
SEE	PRESS
“0”	2
“ 1, 2 , 3 , 4 ,5 , 6, 7, 8, 9 ”	1

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม STIM<sup>2</sup> และโปรแกรม Curry Neuroimaging Suite 7

## ข้อมูลจากการทดลอง

ID	Group	Score_pre	Score_post	time_pre	time_post
1	1	59	80	885.00	378.00
2	1	81	64	662.00	337.00
3	1	80	86	772.00	396.00
4	1	64	80	886.00	363.00
5	1	79	74	884.00	308.00
6	1	62	64	563.00	278.00
7	1	46	59	871.00	370.00
8	1	61	64	373.00	373.00
9	1	62	67	394.00	241.00
10	1	67	77	379.00	397.00
11	1	65	86	472.00	340.00
12	1	37	44	836.00	366.00
13	1	65	66	490.00	318.00
14	1	65	83	471.00	337.00
15	1	52	72	414.00	309.00
16	1	67	76	384.00	423.00
17	1	46	60	739.00	674.00
18	1	77	76	505.00	411.00
19	1	82	88	505.00	459.00
20	1	60	72	385.00	355.00
21	2	76	84	414.00	385.00
22	2	42	57	750.00	250.00
23	2	64	49	849.00	696.00
24	2	79	76	413.00	334.00
25	2	83	80	466.00	408.00

ID	Group	Score_pre	Score_post	time_pre	time_post
26	2	61	71	744.00	376.00
27	2	76	65	449.00	394.00
28	2	81	65	411.00	367.00
29	2	48	87	531.00	463.00
30	2	74	75	383.00	321.00
31	2	67	65	554.00	469.00
32	2	71	77	325.00	369.00
33	2	78	75	373.00	378.00
34	2	85	77	348.00	388.00
35	2	46	70	305.00	387.00
36	2	59	61	706.00	599.00
37	2	40	53	699.00	735.00
38	2	42	46	517.00	345.00
39	2	56	63	604.00	385.00
40	2	29	39	826.00	442.00
41	3	75	71	471.00	423.00
42	3	70	72	582.00	568.00
43	3	55	45	554.00	467.00
44	3	77	68	456.00	453.00
45	3	51	50	797.00	796.00
46	3	36	44	443.00	461.00
47	3	52	59	293.00	337.00
48	3	62	63	305.00	312.00
49	3	77	77	307.00	334.00
50	3	68	70	418.00	474.00
51	3	60	62	345.00	517.00
52	3	55	67	855.00	630.00

ID	Group	Score_pre	Score_post	time_pre	time_post
53	3	60	60	373.00	344.00
54	3	74	72	613.00	614.00
55	3	73	71	583.00	563.00
56	3	58	66	352.00	365.00
57	3	69	66	297.00	296.00
58	3	41	62	632.00	520.00
59	3	78	65	613.00	614.00
60	3	75	65	583.00	592.00

ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
1	1	-3.00	-3.00	-4.00	-3.00	-3.00	-5.00	-6.00	-5.00	-7.00	-7.00	-10.00	-7.00	-7.00	-7.00
2	1	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-5.00	-4.00	-4.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-7.00	-9.00	-9.00
3	1	-6.00	-8.00	-7.00	-7.00	-6.00	-3.00	-4.00	-8.00	-11.00	-9.00	-10.00	-9.00	-12.00	-13.00
4	1	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-4.00	-6.00	-5.00	-5.00	-6.00	-7.00	-7.00	-7.00	-7.00	-7.00
5	1	-5.00	-6.00	-5.00	-5.00	-6.00	-7.00	-6.00	-7.00	-8.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-8.00
6	1	-4.00	-4.00	-4.00	-3.00	-4.00	-6.00	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-5.00	-9.00	-8.00	-7.00
7	1	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00
8	1	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	-5.00	-6.00	-5.00	-4.00	-4.00	-5.00	-5.00
9	1	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00	-8.00	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00	-8.00
10	1	-5.00	-8.00	-3.00	-2.00	-5.00	-6.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-7.00	-6.00	-7.00	-6.00
11	1	-3.00	-3.00	-3.00	-2.00	-3.00	-2.00	-2.00	-3.00	-4.00	-5.00	-6.00	-6.00	-6.00	-7.00
12	1	0.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	-7.00	-10.00	-9.00	-10.00	-11.00	-9.00

ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
13	1	-3.00	-3.00	-3.00	-2.00	-2.00	-3.00	-4.00	-6.00	-7.00	-6.00	-5.00	-5.00	-6.00	-5.00
14	1	-3.00	-4.00	-4.00	-3.00	-4.00	-4.00	-6.00	-5.00	-6.00	-6.00	-7.00	-6.00	-8.00	-7.00
15	1	-11.00	-11.00	-8.00	-8.00	-8.00	-10.00	-11.00	-8.00	-8.00	-6.00	-7.00	-7.00	-9.00	-10.00
16	1	-3.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-8.00	-7.00	-7.00	-6.00	-8.00	-8.00
17	1	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-12.00	-13.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-7.00	-6.00
18	1	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-4.00	-5.00	-5.00	-4.00	-4.00	-5.00	-5.00
19	1	-6.00	-6.00	-5.00	-4.00	-4.00	-5.00	-6.00	-7.00	-8.00	-7.00	-8.00	-9.00	-9.00	-8.00
20	1	-5.00	-7.00	-8.00	-9.00	-10.00	-9.00	-12.00	-8.00	-7.00	-8.00	-9.00	-11.00	-12.00	-12.00
21	2	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	-3.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	-4.00	-9.00	-3.00	-3.00
22	2	-4.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-7.00	-6.00	-6.00	-6.00
23	2	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-7.00	-7.00	-7.00
24	2	-3.00	-4.00	-5.00	-5.00	-5.00	-4.00	-4.00	-9.00	-7.00	-6.00	-6.00	-7.00	-7.00	-8.00

ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
25	2	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-6.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-5.00
26	2	-2.00	-3.00	-3.00	-2.00	-2.00	-3.00	-2.00	-4.00	-4.00	-4.00	-6.00	-6.00	-8.00	-7.00
27	2	-4.00	-4.00	-5.00	-4.00	-5.00	-4.00	-4.00	-7.00	-7.00	-8.00	-8.00	-9.00	-9.00	-10.00
28	2	-5.00	-5.00	-6.00	-5.00	-5.00	-6.00	-5.00	-7.00	-8.00	-7.00	-8.00	-5.00	-8.00	-8.00
29	2	-3.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-6.00	-6.00	-7.00	-7.00	-7.00	-6.00	-6.00
30	2	-2.00	-1.00	-2.00	-3.00	-2.00	-2.00	-2.00	-5.00	-7.00	-7.00	-6.00	-7.00	-7.00	-6.00
31	2	-5.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-4.00	-8.00	-8.00	-8.00	-7.00	-8.00	-7.00
32	2	-7.00	-8.00	-9.00	-9.00	-8.00	-7.00	-8.00	-6.00	-6.00	-6.00	-5.00	-6.00	-6.00	-7.00
33	2	-5.00	-4.00	-1.00	-1.00	-4.00	-4.00	-4.00	-2.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-4.00
34	2	-4.00	-5.00	-5.00	-4.00	-5.00	-6.00	-6.00	-3.00	-3.00	-2.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00
35	2	-5.00	-6.00	-6.00	-5.00	-7.00	-6.00	-6.00	-5.00	-6.00	-6.00	-8.00	-7.00	-8.00	-8.00
36	2	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-3.00	-4.00	-4.00	-6.00	-8.00	-7.00	-4.00	-8.00	-8.00	-5.00

ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
37	2	-4.00	-5.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-5.00	-3.00	-2.00	-2.00	-3.00	-3.00	-4.00
38	2	-8.00	-8.00	-7.00	-6.00	-7.00	-7.00	-8.00	-6.00	-7.00	-7.00	-9.00	-8.00	-9.00	-8.00
39	2	-6.00	-7.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00	-5.00	-9.00	-7.00	8.00	-9.00	-2.00	-8.00
40	2	-4.00	-4.00	-3.00	-4.00	-4.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	-9.00	-8.00	-9.00	-2.00	-2.00
41	3	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-4.00	-7.00	-9.00	-7.00	-4.00	-6.00	-6.00	-7.00
42	3	-4.00	-5.00	-4.00	-5.00	-5.00	-4.00	-5.00	-9.00	-9.00	-6.00	-4.00	-9.00	-8.00	-6.00
43	3	-3.00	-6.00	-4.00	1.00	-4.00	-4.00	-4.00	-1.00	-2.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00
44	3	-5.00	-5.00	-6.00	-8.00	-9.00	-9.00	-10.00	-6.00	-5.00	-6.00	-6.00	-8.00	-10.00	-9.00
45	3	-6.00	-5.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00
46	3	-8.00	-6.00	-6.00	-6.00	-5.00	-5.00	-5.00	-9.00	-6.00	-5.00	-5.00	-4.00	-5.00	-4.00
47	3	-6.00	-5.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00
48	3	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-9.00	-11.00	-4.00	-7.00	-9.00	-4.00	-5.00



ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
49	3	-3.00	-3.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-6.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00
50	3	-4.00	-4.00	-4.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-7.00	-7.00	-9.00	-7.00	-7.00	-8.00
51	3	-5.00	-5.00	-4.00	-4.00	-4.00	-5.00	-4.00	-3.00	-2.00	-1.00	-1.00	-4.00	-4.00	-4.00
52	3	-6.00	-5.00	-5.00	-4.00	-4.00	-3.00	-3.00	-4.00	-6.00	-6.00	-5.00	-5.00	-5.00	-4.00
53	3	-7.00	-7.00	-7.00	-7.00	-7.00	-8.00	-7.00	-7.00	-8.00	-9.00	-7.00	-8.00	-9.00	-9.00
54	3	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-4.00	-3.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	4.00	1.00	-1.00	-1.00
55	3	-4.00	-4.00	-4.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-6.00	-4.00	-7.00	-9.00	-7.00	-7.00	-5.00
56	3	-6.00	-6.00	-6.00	-7.00	-6.00	-7.00	-6.00	-6.00	-7.00	-8.00	-8.00	-8.00	-8.00	-3.00
57	3	-3.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-3.00	-4.00	-2.00	-3.00	-3.00	-5.00
58	3	-3.00	-3.00	-3.00	-4.00	-4.00	-3.00	-4.00	-3.00	-4.00	-5.00	-3.00	-4.00	-5.00	-4.00
59	3	-4.00	-4.00	-5.00	-4.00	-4.00	-5.00	-3.00	-4.00	-4.00	-5.00	-2.00	-3.00	-3.00	-4.00
60	3	-1.00	0.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00	-4.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-2.00

ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100

ID	Group	ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
1	1	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	130.00	103.00	107.00	105.00	111.00	134.00	138.00
2	1	123.00	124.00	123.00	120.00	117.00	115.00	150.00	100.00	134.00	131.00	130.00	129.00	138.00	151.00
3	1	109.00	188.00	187.00	188.00	187.00	110.00	111.00	155.00	157.00	156.00	158.00	157.00	159.00	156.00
4	1	153.00	127.00	124.00	125.00	127.00	134.00	142.00	168.00	169.00	134.00	132.00	165.00	162.00	160.00
5	1	164.00	163.00	161.00	160.00	161.00	160.00	157.00	162.00	162.00	121.00	120.00	121.00	121.00	123.00
6	1	178.00	177.00	178.00	180.00	127.00	128.00	176.00	124.00	124.00	123.00	122.00	121.00	121.00	121.00
7	1	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	110.00	110.00	110.00	110.00	171.00	178.00	176.00
8	1	162.00	161.00	159.00	159.00	158.00	158.00	158.00	141.00	141.00	137.00	137.00	137.00	134.00	135.00
9	1	175.00	174.00	174.00	174.00	174.00	175.00	174.00	104.00	102.00	102.00	103.00	102.00	102.00	103.00
10	1	170.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	168.00	113.00	114.00	113.00	112.00	113.00	150.00
11	1	102.00	102.00	104.00	105.00	104.00	100.00	119.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12	1	125.00	124.00	125.00	114.00	135.00	140.00	147.00	104.00	107.00	141.00	108.00	106.00	107.00	105.00

ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
13	1	107.00	114.00	117.00	119.00	120.00	120.00	122.00	118.00	117.00	116.00	117.00	117.00	117.00	121.00
14	1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	140.00	149.00	100.00	100.00	100.00	100.00	132.00	136.00	138.00
15	1	167.00	165.00	158.00	157.00	156.00	152.00	151.00	130.00	130.00	145.00	130.00	120.00	120.00	135.00
16	1	147.00	145.00	145.00	147.00	146.00	147.00	148.00	144.00	141.00	141.00	140.00	134.00	111.00	115.00
17	1	164.00	166.00	116.00	117.00	117.00	162.00	164.00	104.00	103.00	105.00	105.00	109.00	118.00	105.00
18	1	148.00	166.00	168.00	167.00	164.00	163.00	164.00	118.00	118.00	117.00	118.00	119.00	119.00	119.00
19	1	157.00	153.00	150.00	151.00	152.00	150.00	153.00	162.00	129.00	127.00	126.00	130.00	133.00	138.00
20	1	152.00	143.00	120.00	118.00	122.00	141.00	145.00	130.00	116.00	112.00	112.00	111.00	111.00	111.00
21	2	131.00	132.00	125.00	136.00	135.00	142.00	172.00	106.00	106.00	106.00	105.00	105.00	104.00	100.00
22	2	154.00	153.00	155.00	155.00	156.00	156.00	157.00	143.00	135.00	114.00	114.00	114.00	115.00	117.00
23	2	167.00	167.00	158.00	155.00	154.00	154.00	156.00	150.00	150.00	149.00	149.00	151.00	153.00	156.00
24	2	124.00	119.00	116.00	115.00	115.00	116.00	117.00	140.00	126.00	123.00	142.00	111.00	112.00	141.00

ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
25	2	161.00	162.00	162.00	161.00	161.00	161.00	160.00	137.00	137.00	137.00	139.00	136.00	146.00	144.00
26	2	169.00	168.00	168.00	168.00	169.00	168.00	165.00	107.00	107.00	107.00	108.00	108.00	108.00	107.00
27	2	145.00	138.00	113.00	110.00	110.00	134.00	140.00	118.00	117.00	117.00	117.00	112.00	118.00	140.00
28	2	142.00	139.00	130.00	132.00	132.00	133.00	136.00	146.00	146.00	129.00	110.00	134.00	138.00	143.00
29	2	130.00	132.00	124.00	127.00	125.00	128.00	129.00	124.00	112.00	110.00	108.00	107.00	108.00	109.00
30	2	161.00	100.00	100.00	158.00	156.00	100.00	159.00	166.00	100.00	100.00	162.00	100.00	163.00	155.00
31	2	102.00	104.00	105.00	106.00	106.00	127.00	134.00	106.00	106.00	106.00	106.00	106.00	107.00	133.00
32	2	145.00	144.00	141.00	139.00	142.00	140.00	139.00	100.00	101.00	101.00	100.00	100.00	100.00	101.00
33	2	154.00	137.00	138.00	140.00	134.00	143.00	150.00	101.00	101.00	103.00	104.00	102.00	100.00	103.00
34	2	106.00	106.00	106.00	104.00	103.00	102.00	102.00	129.00	126.00	126.00	126.00	126.00	126.00	123.00
35	2	151.00	145.00	141.00	137.00	136.00	137.00	137.00	137.00	139.00	129.00	131.00	130.00	139.00	140.00
36	2	170.00	173.00	174.00	172.00	169.00	167.00	167.00	122.00	122.00	122.00	123.00	123.00	124.00	124.00

ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
37	2	151.00	148.00	148.00	147.00	147.00	145.00	148.00	148.00	149.00	162.00	167.00	163.00	162.00	152.00
38	2	167.00	166.00	166.00	166.00	166.00	166.00	166.00	132.00	128.00	124.00	119.00	117.00	117.00	120.00
39	2	132.00	130.00	125.00	125.00	122.00	122.00	119.00	110.00	110.00	169.00	173.00	168.00	118.00	167.00
40	2	129.00	130.00	130.00	131.00	132.00	100.00	100.00	100.00	102.00	106.00	126.00	113.00	123.00	129.00
41	3	190.00	190.00	184.00	184.00	184.00	186.00	188.00	145.00	141.00	140.00	146.00	144.00	148.00	146.00
42	3	137.00	133.00	130.00	133.00	132.00	131.00	136.00	159.00	111.00	113.00	114.00	117.00	119.00	121.00
43	3	100.00	100.00	190.00	187.00	190.00	189.00	100.00	110.00	116.00	116.00	117.00	129.00	138.00	150.00
44	3	164.00	164.00	190.00	162.00	162.00	159.00	160.00	113.00	115.00	112.00	166.00	168.00	171.00	104.00
45	3	170.00	170.00	170.00	170.00	170.00	170.00	168.00	150.00	151.00	162.00	163.00	163.00	163.00	161.00
46	3	152.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	104.00	126.00	124.00	190.00	121.00	127.00	127.00
47	3	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	188.00	120.00	121.00	132.00	133.00	133.00	133.00	131.00
48	3	159.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	140.00	141.00	152.00	153.00	153.00	153.00	151.00

ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (ต่อ)

ID	Group	ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง N100													
		PRETEST							POSTTEST						
		C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6	C5	C3	C1	Cz	C2	C4	C6
49	3	113.00	112.00	113.00	114.00	113.00	113.00	113.00	135.00	133.00	132.00	133.00	133.00	133.00	134.00
50	3	103.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	179.00	176.00	169.00	170.00	169.00	165.00	165.00
51	3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	190.00	182.00	183.00	185.00	186.00	184.00	183.00	180.00
52	3	130.00	130.00	155.00	155.00	156.00	156.00	155.00	189.00	165.00	164.00	164.00	160.00	160.00	160.00
53	3	100.00	189.00	190.00	190.00	190.00	190.00	100.00	132.00	133.00	132.00	130.00	127.00	124.00	124.00
54	3	158.00	190.00	190.00	190.00	190.00	190.00	186.00	153.00	153.00	151.00	147.00	149.00	150.00	150.00
55	3	103.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	162.00	163.00	165.00	166.00	164.00	163.00	160.00
56	3	129.00	182.00	184.00	184.00	185.00	182.00	127.00	123.00	124.00	125.00	124.00	126.00	124.00	177.00
57	3	120.00	120.00	120.00	121.00	120.00	120.00	120.00	137.00	123.00	121.00	140.00	136.00	140.00	143.00
58	3	146.00	145.00	142.00	140.00	140.00	142.00	146.00	120.00	120.00	188.00	190.00	190.00	190.00	190.00
59	3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	137.00	124.00	122.00	140.00	136.00	140.00	143.00
60	3	179.00	178.00	180.00	182.00	185.00	186.00	190.00	110.00	117.00	117.00	118.00	120.00	119.00	127.00

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100						ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100					
		PRETEST			POSTTEST			PRETEST			POSTTEST		
		O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2
1	1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	38.00	30.00	37.00	82.00	26.00	33.00
2	1	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	53.00	54.00	30.00	34.00	45.00	29.00
3	1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	54.00	54.00	54.00	54.00	22.00	28.00
4	1	2.00	2.00	2.00	0.00	1.00	0.00	57.00	57.00	57.00	37.00	47.00	53.00
5	1	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	62.00	62.00	63.00	19.00	27.00	34.00
6	1	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	71.00	71.00	72.00	16.00	30.00	35.00
7	1	1.00	1.00	1.00	4.00	4.00	4.00	59.00	52.00	57.00	48.00	55.00	28.00
8	1	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	67.00	71.00	71.00	12.00	22.00	28.00
9	1	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	54.00	46.00	31.00	82.00	58.00	29.00
10	1	2.00	3.00	0.00	4.00	5.00	4.00	90.00	40.00	93.00	35.00	45.00	51.00
11	1	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	60.00	61.00	30.00	33.00	46.00	29.00
12	1	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	47.00	30.00	51.00	57.00	22.00	28.00
13	1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	59.00	54.00	56.00	30.00	42.00	44.00
14	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	44.00	40.00	71.00	58.00	28.00	57.00
15	1	1.00	3.00	3.00	4.00	5.00	4.00	57.00	68.00	55.00	58.00	22.00	44.00
16	1	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	78.00	79.00	78.00	65.00	61.00	75.00
17	1	0.00	1.00	0.00	2.00	2.00	3.00	59.00	56.00	57.00	32.00	42.00	48.00

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100						ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100					
		PRETEST			POSTTEST			PRETEST			POSTTEST		
		O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2
18	1	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	2.00	75.00	71.00	72.00	41.00	52.00	62.00
19	1	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	30.00	43.00	30.00	53.00	33.00	28.00
20	1	2.00	3.00	3.00	0.00	4.00	0.00	47.00	48.00	41.00	46.00	35.00	37.00
21	2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	90.00	48.00	41.00	95.50	33.00	35.00
22	2	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	30.00	30.00	30.00	47.50	23.00	51.50
23	2	0.00	1.00	0.00	2.00	1.00	1.00	55.00	53.00	53.00	67.50	28.00	29.50
24	2	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	30.00	31.00	41.00	50.50	53.00	54.50
25	2	2.00	2.00	1.00	4.00	4.00	4.00	72.00	72.00	73.00	32.50	33.00	35.50
26	2	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	39.00	72.00	73.00	29.50	36.00	36.50
27	2	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	37.00	35.00	32.00	61.50	61.00	29.50
28	2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	30.00	30.00	30.00	25.50	28.00	29.50
29	2	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	32.00	30.00	30.00	95.50	64.00	73.50
30	2	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	70.00	69.00	72.00	48.50	51.00	52.50
31	2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	63.00	30.00	65.00	46.50	52.00	51.50
32	2	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	5.00	30.00	72.00	69.00	70.50	28.00	29.50
33	2	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	45.00	46.00	64.00	43.50	48.00	45.50
34	2	3.00	3.00	3.00	0.00	4.00	0.00	42.00	45.00	40.00	71.50	73.00	77.50



ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100						ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100					
		PRETEST			POSTTEST			ID			Group		
		O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2
35	2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	55.00	79.00	77.00	71.50	28.00	45.50
36	2	1.00	1.00	0.00	2.00	2.00	2.00	60.00	64.00	30.00	78.50	87.00	86.50
37	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	34.00	35.00	32.00	45.50	48.00	49.50
38	2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	30.00	30.00	30.00	54.50	58.00	63.50
39	2	3.00	2.00	3.00	0.00	0.00	1.00	55.00	55.00	57.00	66.50	68.00	69.50
40	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	30.00	30.00	30.00	59.50	67.00	64.50
41	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	44.00	43.00	33.00	97.00	74.00	76.00
42	3	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	55.00	56.00	40.00	49.00	54.00	56.00
43	3	1.00	-2.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	47.00	48.00	41.00	69.00	31.00	34.00
44	3	1.00	2.00	1.00	5.00	0.00	1.00	45.00	39.00	39.00	57.00	56.00	59.00
45	3	4.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	38.00	40.00	38.00	34.00	36.00	40.00
46	3	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	58.00	60.00	52.00	31.00	39.00	41.00
47	3	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	58.00	59.00	52.00	63.00	64.00	34.00
48	3	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	54.00	55.00	53.00	77.00	71.00	74.00
49	3	3.00	4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	50.00	51.00	45.00	97.00	67.00	78.00
50	3	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	56.00	58.00	53.00	50.00	54.00	57.00
51	3	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	59.00	60.00	58.00	48.00	55.00	56.00

ID	Group	ความสูงคลื่นไฟฟ้าสมอง P100						ความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100					
		PRETEST			POSTTEST			ID			Group		
		O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2	O1	Oz	O2
52	3	2.00	5.00	5.00	0.00	1.00	1.00	52.00	55.00	51.00	77.00	31.00	34.00
53	3	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	51.00	46.00	39.00	45.00	51.00	50.00
54	3	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	53.00	56.00	54.00	73.00	76.00	82.00
55	3	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	48.00	50.00	43.00	73.00	31.00	50.00
56	3	2.00	2.00	2.00	4.00	3.00	0.00	51.00	50.00	47.00	80.00	90.00	91.00
57	3	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	79.00	45.00	83.00	47.00	51.00	54.00
58	3	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	79.00	80.00	83.00	56.00	61.00	68.00
59	3	1.00	0.00	1.00	2.00	1.00	1.00	30.00	30.00	30.00	68.00	71.00	74.00
60	3	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	63.00	59.00	57.00	61.00	70.00	69.00