การเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats: การศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

Enhancing the Attention of Secondary School Students using a Binaural-beats Music Program: An Event-related Potential Study

ศศิวิมล พราหมณี [1*] สุชาดา กรเพชรปาณี [1] ปริญญา เรืองทิพย์ [2]

Sasivimol Prammanee[1*], Suchada Kornpetpanee[1], Parinya Ruangtip[2]

[1] Centre of Excellence in Cognitive Science, College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

[2] Cognitive Science and Innovation Research Unit: CSIRU, College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สำหรับเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยวิธีการวัดด้านพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนเมืองพัทยา 11 จำนวน 60 คน ใช้วิธีการสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ได้แก่ กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย กิจกรรมทดสอบความใส่ใจและเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Neuroscan วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที และสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ

ผลการวิจัยปรากฏว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เพลงบรรเลงที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่มีความถี่นำเข้าหูซ้ายและขวา ต่างกัน 10 Hz ใช้ระยะเวลาฟังครั้งละ 20 นาที ต่อเนื่องกัน 14 วัน ผลการวัดด้านพฤติกรรมระยะหลังการทดลอง ทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยคะแนนความใส่ใจไม่แตกต่างกัน แต่มีเวลาปฏิกิริยาแตกต่างกัน โดยกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีเวลาปฏิกิริยาน้อยกว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มควบคุม ผลการวัดด้านคลื่นไฟฟ้าสมองระยะหลังการทดลองพบความแตกต่างบริเวณเปลือกสมองส่วนกลางและส่วนท้ายทอย โดยกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 มากกว่า และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 น้อยกว่ากลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่าการได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ดีกว่าการรับฟังดนตรีที่ไม่แทรกสอดคลื่นเสียงและดีกว่ากลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: ความใส่ใจ, โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats

**Corresponding author. E-mail: sasivimolp@gmail.com*

ABSTRACT

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, and N100 and P100 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: one group used the Binaural Beats music program, another a plain music program, and the third, a control group, received no program. Data were analyzed by descriptive statistics, *t*-test, and MANOVA.

The results showed that: The binaural beats music program involved 20 minutes of instrumental music from popular songs with inserted difference frequencies at 10 Hz; participants listened to the program for 14 consecutive days.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.The ERP data revealed that there were differences in brainwaves at central and occipital sites. 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.

Keywords: attention, binaural beats music training program

ความนำ

กระบวนการทางปัญญา (Cognitive processing) มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้และเป็นกลไกในกิจกรรมการเรียนรู้ของมนุษย์ กระบวนการทางปัญญาที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ การให้ความใส่ใจต่อสิ่งเร้า (Attention) กระบวนการนี้จัดเป็นหน้าที่ขั้นสูงของสมองที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการจัดการต่อสิ่งเร้า (Kafshgari, Kahaki, Moradi, & Younesi, 2014) โดยความใส่ใจ จะเกี่ยวข้องในทุกแง่มุมของชีวิตมนุษย์ ตั้งแต่ทักษะการรับรู้ขั้นพื้นฐานจนถึงความสามารถในการพัฒนาสติปัญญาที่ซับซ้อน (McConnell & Shore, 2011) เพราะความใส่ใจจัดเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการทางปัญญา (Chun, Golomb, & Turk-Browne, 2011) ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวมีการคัดกรองการไหลผ่านของสิ่งเร้าเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกในสมองจะขึ้นอยู่กับสิ่งเร้าที่มากระตุ้นและการทำงานของสมอง (Taylor & Fragoponagos, 2005)

ความใส่ใจมีผลต่อการเข้ารหัส (Modulation of encoding) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ที่สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของความใส่ใจ (Chun & Turk-Browne, 2007) โดยกระบวนการเข้ารหัสนี้จะลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป สาเหตุของการลดลงอาจเกิดจากความล้มเหลวของกระบวนการความใส่ใจ หรือความล้มเหลวในการเข้ารหัสความจำ (Anderson et al., 2000) ที่ส่งผลต่อความสามารถของความจำขณะทำงาน (Working memory) และประสิทธิภาพการเรียนรู้ (Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014) ในขณะที่มีหลักฐานว่า ความใส่ใจและความจำระยะสั้นมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในระหว่างการเข้ารหัสความจำ

การได้ยินเป็นระบบประสาทสัมผัสที่รองมาจากการมองเห็นของมนุษย์ จากการศึกษาปรากฏว่า กระบวนการรับเสียงของมนุษย์ จำเป็นต้องมีการแยกแยะเสียงที่มีความถี่สูง (High frequency) และเสียงที่มีความถี่ต่ำ (Low frequency) ซึ่งการเคลื่อนไหวของพลังงานเสียงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล (Hydromechanic) กระบวนการนี้ถ้ามีการใช้ความถี่ที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานกลไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electric Impulses) ไปกระตุ้นการทำงานของสมอง ให้มีการสร้างสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) เช่น ซีโรโทนิน (Serotonin) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีฤทธิ์คล้ายยานอนหลับ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดความเครียด ลดอาการซึมเศร้า ลดระดับน้ำตาลในเลือดและเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารสื่อประสาทอื่น ๆ ได้แก่ เมลาโทนิน (Melatonin) มีคุณสมบัติช่วยให้นอนหลับ เพิ่มภูมิต้านทาน และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้และความใส่ใจ (สมพร กันทรดุษฎี เตรียมชัยศรี, 2554; Poe, Walsh, & Bjorness, 2010) ตลอดจนการใช้เสียงดนตรีที่มีลักษณะของเสียงความถี่สูงและเสียงความถี่ต่ำที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการบริหารสมองช่วยเพิ่มปริมาณของเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ ความเข้าใจ การแก้ปัญหา การตัดสินใจและความคิดสร้างสรรค์ (Newberg & Aquili, 2008)

การเพิ่มความใส่ใจมีวิธีการอยู่หลายวิธียกตัวอย่างเช่น Brain wave development music เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ดนตรีพัฒนาคลื่นสมอง ซึ่งเป็นดนตรีที่ใช้คลื่นเสียงในระดับอัลฟา (Alpha wave) และมีความแรงของคลื่นเสียงหรือแอมพลิจูดต่ำ (Low amplitude) โดยส่งคลื่นออกมาจากแหล่งกำเนิดผ่านระบบประสาทโสตสัมผัสเข้าไปปรับความสมดุลให้เกิดการประสานสอดคล้องกับความถี่ของคลื่นสมอง (Synchronized) ในแต่ละระดับและกระตุ้นให้สมองเกิดการประสานหรือผูกโยงไปสู่จังหวะของดนตรีที่บรรเลง ซึ่งทำให้คลื่นสมองของมนุษย์ปรับลดความสั่นสะเทือนหรือลดรอบความถี่ลง คล้ายกับหลักการผสมกันของคลื่นน้ำในทะเล เมื่อคลื่นใหญ่ปะทะกับคลื่นเล็กจะได้คลื่นใหม่ที่เป็นคลื่นขนาดกลาง อันจะทำให้มนุษย์เกิดสมาธิและความสงบมากขึ้น (Skoe & Kraus, 2010) ดนตรีกลุ่มนี้สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มดนตรีที่ผลิตเสียงดนตรีจากงานวิจัย (Brain wave research music) ได้วิจัยทางด้านสมองของนักวิจัยทางการแพทย์โดยศึกษาเสียง และผลกระทบที่มีอิทธิพลต่อสมองและร่างกาย (2) กลุ่มดนตรีเสียงธรรมชาติ (Natural music) ดนตรีกลุ่มนี้เป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำตามธรรมชาติ เช่น เสียงน้ำตก เสียงนกร้อง เสียงฝนตก มีลักษณะใกล้เคียงกับคลื่นสมองอัลฟามีผลช่วยในด้านการผ่อนคลายและลดความเครียด (3) กลุ่มดนตรีคลื่นเสียงแห่งจักรวาล (Cosmos sound music) ได้จากการบันทึกเสียงจากอวกาศโดยตรง มีพลังแห่งความสั่นสะเทือนสูงและมีความถี่ต่ำมากจนประสาทด้านโสตสัมผัสของมนุษย์แทบไม่ได้ยินเสียงและ (4) กลุ่มดนตรีจากงานวิจัย เพื่อส่งมนุษย์ไปอวกาศขององค์การนาซ่า (National Aeronautics and Space Administration: NASA) ดนตรี Astronaut research music ผลิตใช้สำหรับเตรียมพร้อมมนุษย์อวกาศ โดยมีคลื่นเสียงประเภทคลื่นอัลฟา ธีต้าหรือเดลต้าที่ใช้พัฒนาสมาธิในระดับที่สูงมาก (อริยะ สุพรรณเภษัช, 2553)

นอกจากการเพิ่มความใส่ใจด้วยกลุ่มดนตรีพัฒนาคลื่นสมองที่กล่าวมาข้างต้น การนำคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มาใช้เพิ่มความใส่ใจเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง Binaural beats เป็นผลมาจากการฟังคลื่น โดยหูแต่ละข้างแทรกสอดด้วยคลื่นความถี่ที่ต่างกัน เป็นผลให้เกิด Synchronize กันในสมองเกิดเป็นคลื่นความถี่อีกคลื่นหนึ่ง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมองตามความต้องการ ตัวอย่างเช่น Binaural beats ที่หูซ้าย 240 Hz หูขวา 231 Hz คลื่นความถี่ที่เกิดจากการ Synchronize คือ 9 Hz ซึ่งเป็นคลื่น Alpha state ซึ่งหากฟังเป็นประจำจะทำให้สมองผลิตคลื่นอัลฟาได้มากขึ้น สภาวะนี้จะก่อให้เกิดการผ่อนคลาย จิตรู้สำนึกทำงานได้ดีตระหนักรู้ความรู้สึกในตนเอง (Oster, 1999) Auditory beats in the brain เป็นบทความที่ Oster (1999) กล่าวถึงความมหัศจรรย์ภายในห้องทดลอง เกี่ยวกับคลื่น Binaural beats ซึ่งนำไปสู่การค้นคว้าวิธีการเรียนรู้ สร้างสรรค์การ

ควบคุมอารมณ์ สมาธิ การนอนหลับ การพัฒนาด้านจิตใจและพฤติกรรมอื่น ๆ ที่เป็นการค้นคว้าวิจัยและผลที่เกิดจากคลื่น Binaural beats โดยใช้วิธีการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) ซึ่งจะบันทึกการทำงานของกระแสไฟฟ้าที่บริเวณหนังศีรษะที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาทในสมอง ทำให้ทราบว่าในขณะที่สมองถูกกระตุ้นโดยคลื่นเสียงแบบ Binaural beats นั้น มีความถี่คลื่นอยู่ในระดับใด ต่อมา Vazir et al. (2007) ได้ทดสอบโดยให้ผู้รับการทดสอบฟังคลื่นที่จะช่วยเรื่องการนอนหลับและได้เขียนบทความ Tests of the sleep induction technique อธิบายวิธีการใช้คลื่นเสียงที่ออกแบบขึ้นในการปรับลดคลื่นไฟฟ้าสมองจาก Beta state ไปยัง Alpha state, Theta state และ Delta state ตามลำดับ โดยใช้เครื่อง EEG ในการตรวจสอบการฟังดนตรีทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับความจำเพิ่มขึ้น มีส่วนช่วยเพิ่มการถ่ายทอดสัญญาณประสาท ทำให้เซลล์ประสาทมีการตื่นตัว และเกิด Long-Term Potentiation (LTP) เพิ่มขึ้นนอกจากนี้ เสียงดนตรียังช่วยให้มีการสร้างเซลล์ประสาทบริเวณคอร์นูแอมโมนิส 1 (Cornu Ammonis 1: CA 1) คอร์นูแอมโมนิส 2 (Cornu Ammonis 2: CA 2) และคอร์นูแอมโมนิส 3 (Cornu Ammonis 3: CA 3) ที่อยู่ในฮิปโปแคมปัสเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยในกระบวนเรียนรู้และความใส่ใจ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สามารถปรับเปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าสมองได้จริง โดยใช้ความถี่ที่แตกต่างกันในหูแต่ละข้าง การกระตุ้นการรับรู้ทางหูได้รับการยอมรับว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและความรู้ความเข้าใจโดยผ่านกระบวนการที่อยู่ในบริเวณเปลือกนอกของสมอง (Process of cortical entrainment) (Vernon, Peryer, Louch, & Shaw, 2014) และเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางว่าโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats จะกระตุ้นการทำงานของคอปัสคาโลซัม (Corpus callosum) ที่อยู่เชื่อมต่อระหว่างสมองสองซีก (Christman & Propper, 2010) ช่วยลดความไม่สมดุลการทำงานของสมองสองซีกและช่วยเพิ่มการตอบสนองทางระบบประสาทระหว่างสมองสองซีก (Interhemispheric) ในเซลล์ประสาท (Neuron) เพิ่มการสร้างกระแสประสาทและการเชื่อมต่อสัญญาณประสาท (Synapse) (Poe et al., 2010) ดังนั้นคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สามารถพิจารณาให้เป็น Digital drug ที่มีประสิทธิภาพ เมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียด มีความกังวล เมื่อใช้ระบบกระตุ้นด้วยคลื่นเสียง ที่สามารถตั้งค่าความถี่ได้ เช่น หากตั้งความถี่อยู่ในช่วงอัลฟา (Alpha) จะช่วยเปลี่ยนแปลงคลื่นสมองให้ตอบสนองอยู่ในช่วงความถี่อัลฟาช่วยให้คลายเครียดผ่อนคลายและมีสมาธิได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ (Bezdek, Wenzel, & Schumacher, 2017)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการใช้ดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สามารถนำมาใช้รักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาทางด้านอารมณ์และจิตใจ เนื่องจากจะช่วยให้มีการเจริญของเซลล์ประสาท (Neurogenesis) การสร้างเซลล์ประสาทใหม่ขึ้นมาแทนส่วนที่ถูกทำลาย โดยการปรับการหลั่งฮอร์โมนสเตอรอยด์ (Steroid hormones) ได้แก่ คอร์ติซอล (Cortisol) เทสโตสเตอโรน (Testosterone) และเอสโตรเจน (Estrogen) ให้เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การปรับตัวของโครงสร้างสมอง (Cerebral plasticity) (Bezdek et al., 2017) นอกจากนี้ ยังมีผลช่วยในการปรับคลื่นสมองให้เป็นไปตามคลื่นความถี่ต่าง ๆ ได้อีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่เหมาะสมในบริบทของคนไทย สำหรับเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการฟังเพราะที่ผ่านมาเป็นการศึกษาระยะเวลาสั้น ขณะวัดคลื่นไฟฟ้าสมองทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมองแต่การวิจัยนี้จะใช้การทดลองระยะยาว เพื่อดูผลสะสมต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองด้านความใส่ใจและนำไปพัฒนาโปรแกรม เพื่อเพิ่มความใส่ใจให้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้ที่สนใจใช้เป็นแนวทางพัฒนาโปรแกรมเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats

2. เพื่อนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ไปใช้เพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบผลกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลอง ของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.2 เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.3 เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

2.4 เปรียบเทียบความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

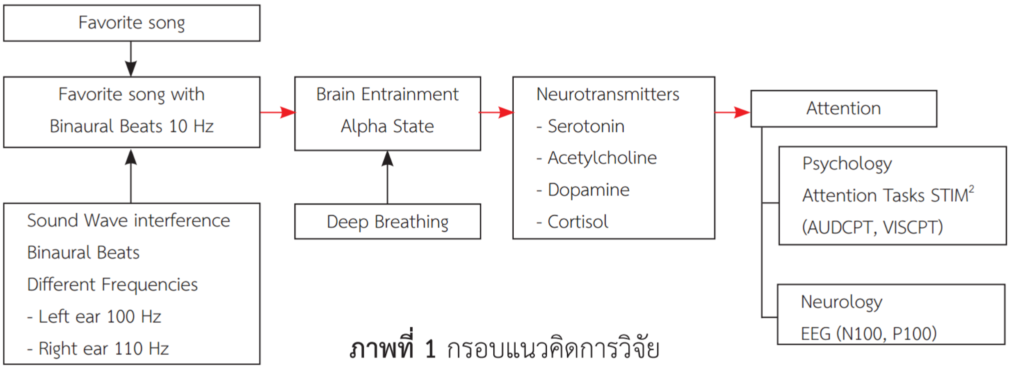
กรอบแนวคิดการวิจัย

การฟังดนตรีที่มีลักษณะการประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืน (Consonant) และการใช้เสียงเมเจอร์ (Major key) ที่มีจังหวะเร็วในระดับปานกลางหรือเร็วขึ้น หรือเป็นเพลงที่ชอบและเลือกฟังด้วยตนเอง เป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นสากลมากที่สุดวิธีหนึ่ง (Johnsen, Tranel, Lutgendorf, & Adolphs, 2009) การฟังดนตรีที่พึงพอใจยังทำให้คอร์ติซอล ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่หลั่งมากในภาวะเครียดมีปริมาณลดลง (Fukui & Toyoshima, 2008) กระตุ้นวิถีประสาทที่เกี่ยวข้องกับการความสุข (Reward pathway) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทโดปามีนผ่านทางมีโซลิมปิก (Mesolimbic pathway) และมีโซคอร์ติคอล (Mesocortical pathway) เข้าสู่พรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (Ashby, Valentin, & Turken, 2002) ทำให้เกิด Long-Term Potentiation (LTP) (Koelsch, Offermanns, & Franzke, 2010) อันเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุดประสานประสาท (Synapse) เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ (Arshavsky, 2006) มีการปรับตัวของจุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างฮิปโปแคมปัสกับพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ (Hippocampal-prefrontal cortex synaptic plasticity) โดยจะมีการส่งต่อสัญญาณซึ่งกันและกัน ระหว่างพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์กับเวนทรอลเตกเมนทอล แอเรีย (Ventral Tegmental Area: VTA) ในขณะที่มีการกระตุ้นที่เวนทรอลฮิปโปแคมปัส (Ventral hippocampus) บริเวณตำแหน่งที่ติดต่อโดยตรงกับพรีฟรอนทัลคอร์เทกซ์ ซึ่งมีส่วนช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองที่ดีขึ้น (Ashby et al., 2002)

กระบวนการทำงานของคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ที่เกิดขึ้นกับคลื่นสมอง จะก่อให้เกิดการพัฒนาและแก้ไขความผิดปกติของคลื่นสมอง จึงสามารถนำมาเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียดมีความกังวล การกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ที่สามารถตั้งค่าความถี่ได้ ซึ่งหากตั้งความถี่ของคลื่นเสียงให้อยู่ในช่วงอัลฟาจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมอง ซึ่งมีผลให้คลายความเครียด รู้สึกผ่อนคลายและเพิ่มความใส่ใจซึ่งนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ (Poe et al., 2010)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำหลักการข้างต้นมาบูรณาการเพื่อพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ

Binaural beats ที่มีคลื่นอัลฟาที่ระดับ 10 Hz ซึ่งเหมาะสมเพื่อให้เกิดการเพิ่มความใส่ใจตามทฤษฎีการแทรกสอดคลื่นเสียงและประยุกต์รวมเข้ากับดนตรีที่พึงพอใจ และนำวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสะท้อนให้เห็นตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ใช้กระตุ้น เป็นการวัดศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ควบคู่กับกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ Visual Continuous Performance Task (VISCPT) และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) เป็นการวัดผลการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองด้านความใส่ใจ 2 วิธี คือ 1) ด้านพฤติกรรม เป็นการวัดด้วยกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ และ 2) ด้านประสาทวิทยา เป็นการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าความถูกต้องของการตอบขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ระยะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2. เวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ระยะหลังการทดลองน้อยกว่าก่อนการทดลอง

3. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีค่าความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจสูงกว่ากลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

4. ระยะหลังทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ น้อยกว่ากลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

5. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

6. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

7. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

8. ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ แตกต่างกับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) จำนวน 60 คน ได้มาโดยการรับอาสาสมัคร ซึ่งมีเกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นผู้ถนัดมือขวาไม่เป็นโรคสมาธิสั้น สายตาปกติ และการได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้างปกติ ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากแบบไม่คืนที่ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ได้แก่ 1) กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats 2) กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats และ 3) กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ 1) แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล 2) แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ โดยปรับปรุงมาจาก Edinburgh handedness inventory (Oldfield, 1971) 3) แบบคัดกรองโรคสมาธิสั้นในเด็กและวัยรุ่นไทย (Thai ADHD Screening Scale-Thai ADHD SS) (ชาญวิทย์ พรนภดล, วินัดดา ปิยะศิลป์ และจิตราภรณ์ จิตรธร, 2554) และ 4) การทดสอบระดับสายตาระยะใกล้ (Near vision) ด้วยเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's chart)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง

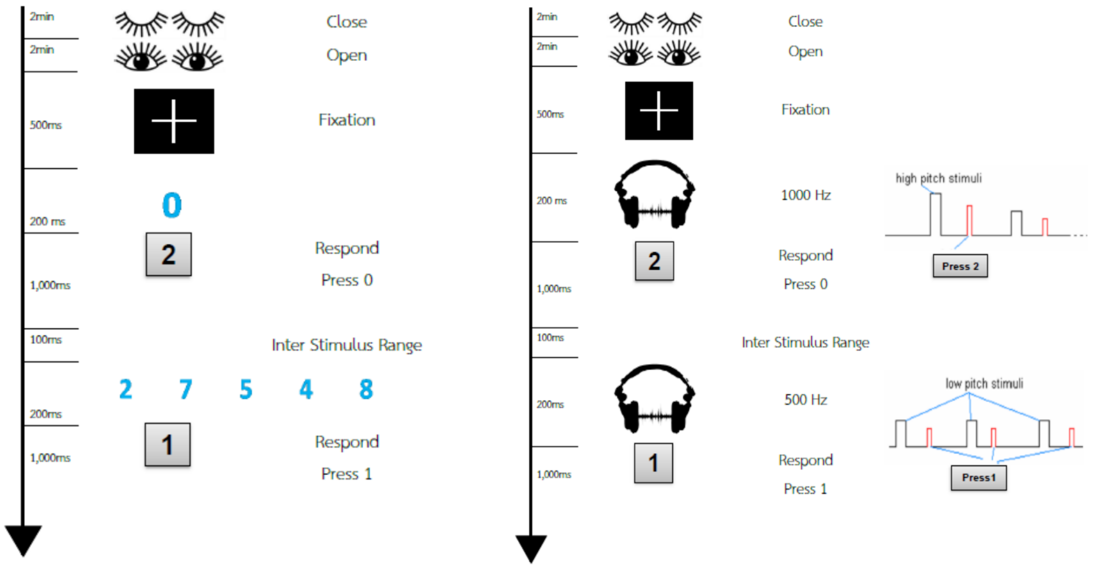
โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงที่พัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว มีขั้นตอนในการทำกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สร้างด้วยโปรแกรม 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 กำหนดค่า Pan ลำโพงขวา 100% ความดัง 73 เดซิเบล ซึ่งการใช้คลื่นอัลฟา ซึ่งมีความถี่ระหว่าง 9-13.9 Hz ผสมกับดนตรีบรรเลง 1 เพลงใช้ระยะเวลาฟังครั้งละ 20 นาที ต่อเนื่องกัน 14 วัน ส่วนโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงเป็นดนตรีบรรเลง 1 เพลง ใช้ระยะเวลาฟังครั้งละ 20 นาที ต่อเนื่องกัน 14 วัน แต่ไม่มีการแทรกสอดคลื่น Binaural beats

3. เครื่องมือวัดตัวแปรตาม ประกอบด้วย Visual Continuous Performance Task (VISCPT) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทั้งทางด้านภาพและเสียง และ Auditory Continuous Performance Task (AUDCPT) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทางด้านเสียง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป $STIM^2$ ซึ่งเชื่อมต่อเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Neuroscan เป็นสิ่งเร้าที่ใช้กระตุ้นให้เกิดการทำงานของสมอง เพื่อใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการให้ความใส่ใจกับสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุด โดยสิ่งเร้านี้ จะแสดงภาพและเสียงบนจอคอมพิวเตอร์ และให้ผู้ทดสอบกดคำตอบหลังจากภาพและเสียงที่เป็นเป้าหมายปรากฏ (Aylward, Brager, & Harper, 2002) การตรวจสอบการเพิ่มความใส่ใจ ใช้กิจกรรมผ่านโปรแกรม $STIM^2$ ดังนี้

3.1 VISCPT (Visual Continuous Performance Task) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจโดยใช้ตัวเลข 0-9 กิจกรรมเริ่มต้นด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะมีการแสดงข้อความขึ้นที่กลางหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังนี้ "หลับตา" ให้ผู้เข้าร่วมทดลองหลับตาเป็นเวลา 2 นาที เมื่อได้ยินสัญญาณ "ปิ๊ป" 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 ซึ่งชุดตัวเลข

สำหรับทดสอบที่ปรากฏจะได้จากการสุ่มกิจกรรมทดสอบ จำนวน 450 ข้อ โดยมีสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย จำนวน 45 ข้อ

3.2 AUDCPT (Auditory Continuous Performance Task) เป็นกิจกรรมทดสอบความใส่ใจโดยใช้เสียงที่ผลิตและควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งโปรแกรมบรรจุด้วยชุดเสียง 10 โทน ซึ่งบันทึกไว้ในรูปแบบ Digital Sound Editor ในกิจกรรมนี้มีคำถาม 1 ข้อ ซึ่งผู้เข้ารับการทดลองจะได้ยินโทนเสียงสูง หรือโทนเสียงต่ำที่แตกต่างกัน และผู้เข้าร่วมทดลองกดเลข 1 เมื่อได้ยินโทนเสียงต่ำ และกดเลข 2 เมื่อได้ยินโทนเสียงสูง สามารถแสดงได้ตามภาพที่ 2 และ 3



(A) (B)

ภาพที่ 2 ขั้นตอนกิจกรรมทดสอบความใส่ใจด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป STIM² (A) กิจกรรมทดสอบความใส่ใจ โดย VISCPT (B) กิจกรรมทดสอบความใส่ใจโดย AUDCPT

การให้คะแนนความถูกต้องของการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้คะแนนเมื่อกดปุ่มแป้นกด เมื่อสิ่งเร้า (ภาพและเสียง) ปรากฏภายในระยะเวลาที่กำหนด จะได้ 1 คะแนน ระยะเวลาการตอบสนอง (Reaction time) ต่อกิจกรรมทดสอบความสามารถ ด้านความใส่ใจ คำนวณจากระยะเวลาตั้งแต่สิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมายของกิจกรรมในแต่ละเงื่อนไขปรากฏขึ้น จนกระทั่งผู้เข้าร่วมการทดลองกดปุ่มตอบสนองถูกต้อง ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ จึงใช้กิจกรรมทดสอบความใส่ใจด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ STIM² และเชื่อมต่อกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Neuroscan และผู้เข้าร่วมการทดลองสวมหมวกอิเลคโทรดที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) ชนิด 64 ช่องสัญญาณ ตามระบบ 10/20 system เพื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้าขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรม Curry neuroimaging suit 7.0

แบบแผนการทดลอง

ใช้แบบแผนการทดลองแบบ 2-factor pretest and posttest control group design (Edmonds & Kennedy, 2017, pp. 38-39) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบ 2-factor pretest and posttest control group design

การสุ่มเข้ากลุ่ม (Random Assignment)	กลุ่ม (Group)	ทดสอบก่อน (Pretest)	ทดลอง (Intervention)	ทดสอบหลัง (Posttest)
R	1	O_1	X_a	O_2
	2	O_1	X_b	O_2
	3	O_1	--	O_2

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยดำเนินการดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats (2) กลุ่มโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และ (3) กลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีวัดความใส่ใจก่อนการทดลองด้วยกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทั้งทางด้านภาพ (VISCPT) และกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทางด้านเสียง (AUDCPT) บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ $STIM^2$ เชื่อมต่อกับโปรแกรมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง Neuroscan และผู้เข้าร่วมการทดลองสวมหมวกอิเลคโทรดที่มีขั้วไฟฟ้า (Electrode) ชนิด 64 ช่องสัญญาณ ขนาด M หรือ L ตามขนาดศีรษะของผู้เข้าร่วมการทดลอง ทดลองที่ห้องปฏิบัติศูนย์การความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา บันทึกข้อมูลเชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง

2. ระยะทดลอง นัดหมายตามวัน และเวลาที่กำหนดการทดลอง ที่ห้องประชุมโรงเรียนเมืองพัทยา 11 (มัธยมสาธิตพัทยา) กับกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats การทดลองเริ่มจากนั่งบนเก้าอี้ในท่าที่สบาย ๆ ที่สุด หายใจเข้าและออกให้รู้สึกผ่อนคลาย เมื่อพร้อมแล้วสวมหูฟังกับหูทั้งสองข้าง และเสียบเข้าเครื่องเล่น Mp3 เครื่องเล่นจะเปิดเสียงอัตโนมัติฟังเป็นระยะเวลาครั้งละ 20 นาทีต่อครั้ง ฟังวันละหนึ่งครั้ง ต่อเนื่องกัน 14 วัน กลุ่มได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงปฏิบัติเช่นเดียวกับกลุ่มได้รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ส่วนกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี เป็นกลุ่มควบคุม จะนั่งรอตามปกติในอีกห้องหนึ่ง

3. ระยะหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ที่ห้องปฏิบัติศูนย์การความเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา บันทึกข้อมูลเชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมอง อีกครั้งหนึ่งปฏิบัติเช่นเดียวกันกับระยะก่อนการทดลอง

4. ตรวจสอบข้อมูลจากการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจทั้งระยะก่อนและหลังการทดลอง จัดกระทำข้อมูลทั้งเชิงพฤติกรรม และคลื่นไฟฟ้าสมองให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบค่าสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Curry neuroimaging suit 7.0

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมและการทำงานของสมอง โดยจำแนกการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ข้อมูลที่ได้ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจเชิงพฤติกรรมการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายบันทึกจากโปรแกรมสำเร็จรูป $STIM^2$ และข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองบันทึกจากโปรแกรม Curry neuroimaging suit 7.0 นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Dependent *t*-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA)

ผลการวิจัย

การศึกษาผลของโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats และโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอด

คลื่นเสียงที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 60 คน อายุระหว่าง 15-18 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 54 คน (ร้อยละ 90) การมองเห็นปกติ ความถนัดในการใช้มือขวา การได้ยินด้วยหูทั้ง 2 ข้าง ปกติ ไม่มีประสบการณ์ฝึกการเพิ่มความใส่ใจ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรมการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 เปรียบเทียบความถูกต้องของการตอบ ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ คิดคะแนนเป็นรายบุคคลและนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายกลุ่ม ข้อมูลความถูกต้องของการตอบระยะก่อนกับหลังการทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

กลุ่ม	คะแนนความถูกต้องของกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ					
	n	*Mean*	*SD*	*df*	*t*	*p*
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats						
ก่อนการทดลอง	20	63.85	12.27	19	3.77**	< .01
หลังการทดลอง	20	71.90	11.02			
กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง						
ก่อนการทดลอง	20	62.85	16.83	19	1.33	.20
หลังการทดลอง	20	66.75	12.98			
กลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี						
ก่อนการทดลอง	20	63.30	12.32	19	.25	.81
หลังการทดลอง	20	63.75	8.80			

จากตารางที่ 2 ปรากฏว่า หลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความถูกต้องของคะแนนความใส่ใจมากกว่าก่อนทดลอง ($p < .01$) ส่วนกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความถูกต้องของการตอบขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระยะก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แสดงว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของกลุ่มทดลองได้

1.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ คิดเวลาเป็นรายบุคคลและนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายกลุ่มมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ระยะก่อนและหลังการทดลอง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะก่อนกับหลังการทดลองในแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	เวลาปฏิกิริยา					
	n	*Mean*	*SD*	*df*	*t*	*p*
รับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats						
ก่อนการทดลอง	20	593.50	199.94	19	4.85**	< .01
หลังการทดลอง	20	371.65	87.36	19		
รับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง						
ก่อนการทดลอง	20	533.35	173.68	19	3.16*	< .05
หลังการทดลอง	20	424.55	120.96	19		
ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี						
ก่อนการทดลอง	20	493.60	164.47	19	.57	.58
หลังการทดลอง	20	484.00	131.43	19		

จากตารางที่ 3 ปรากฏว่า ระยะหลังการทดลองกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ binaural beats มีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง ($p< .01$)

ระยะหลังการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงมีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าระยะก่อนการทดลอง ($p< .05$)

ระยะหลังการทดลองกลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีมีค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p> .05$)

แสดงว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ส่งผลต่อความใส่ใจของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น

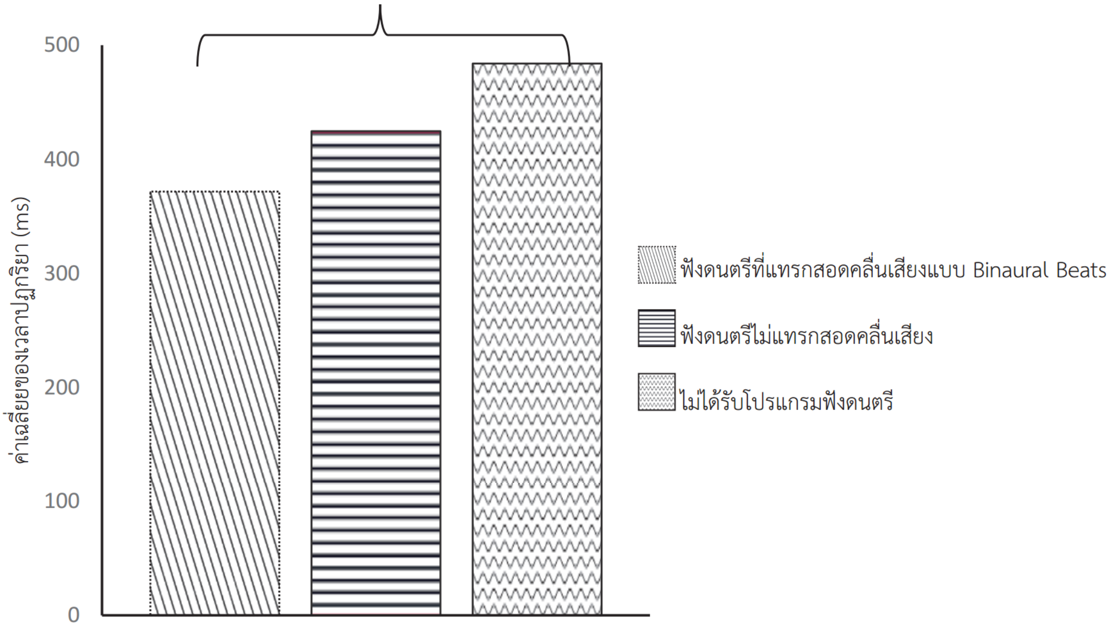
1.3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของคะแนนการตอบและเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ ระยะหลังการทดลองระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ระยะหลังการทดลอง

Wilks' Lambda	*Value*	*F*	*Hypothesis df*	*Error df*	*p*	*ES*
	.81	3.03*	4	112	< .05	.10
Tests of Between-Subjects Effects						
ความใส่ใจ	SS	*df*	*MS*	*F*	*p*	*ES*
ความถูกต้องของการตอบสนอง	679.63	2	339.82	2.78	.07	.09
เวลาปฏิกิริยา	126368.23	2	63184.12	4.80*	< .05	.14

จากตารางที่ 4 ปรากฏว่า หลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณความใส่ใจจากคะแนนความถูกต้องของการตอบและเวลาปฏิกิริยา ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีค่า Wilks' Lambda เท่ากับ 3.03 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีขนาดอิทธิพลระดับเล็กน้อย (*ES*=.10) (Privitera, 2011) แสดงว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี มีความใส่ใจแตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความถูกต้องของการตอบระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (p=.07) ส่วนเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกัน (p< .05) และมีขนาดอิทธิพลระดับน้อย (*ES*=.14) จึงวิเคราะห์การเปรียบเทียบรายคู่พหุ โดยใช้สถิติ *LSD* ปรากฏว่า กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่ากลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี (p< .05) ดังภาพที่ 3



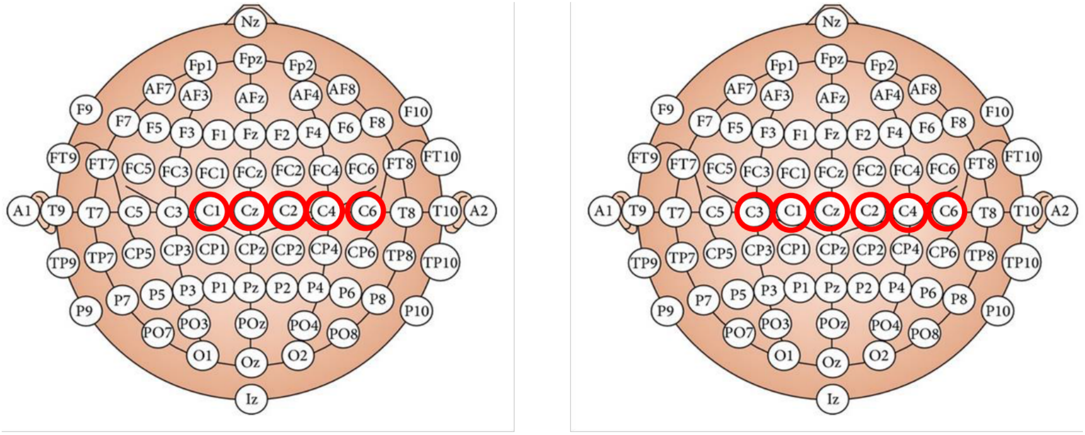
* p < .05

ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบรายคู่พหุค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจ

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

2.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง C1 Cz C2 C4 และ C6 มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ดังภาพที่ 4(A)

2.2 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขั้วไฟฟ้าสมอง C3 C1 Cz C2 C4 และ C6 มีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ดังภาพที่ 4(B)



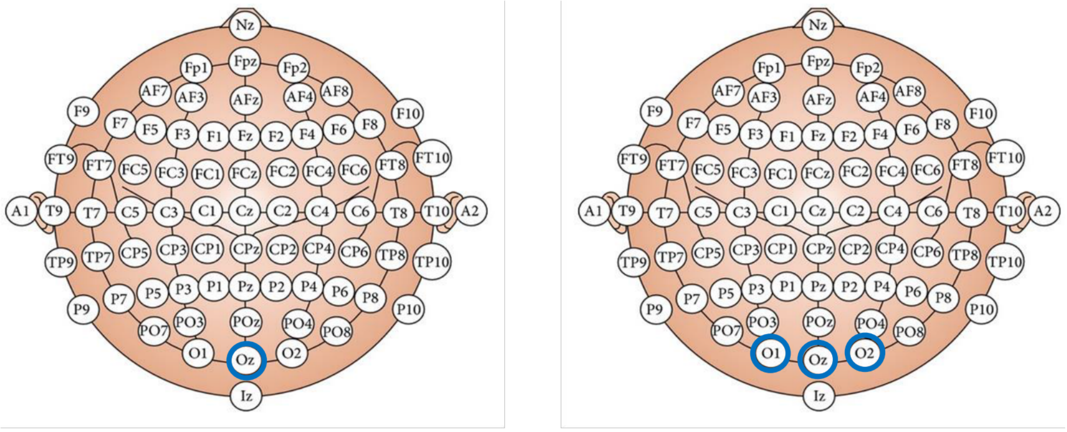
(A) (B)

ภาพที่ 4 บริเวณเปลือกสมองส่วนกลางตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมองที่มีความสูง และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมองแตกต่างกัน (A) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 (B) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100

3. ระยะหลังการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียง และกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาแต่ละตัวแปร ปรากฏว่า

3.1 ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนท้ายทอย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง Oz และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลางดังภาพที่ 5(A)

3.2 ผลการเปรียบเทียบความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี บริเวณสมองส่วนกลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมอง O1 Oz และ O2 และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ดังภาพที่ 5(B)



(A) (B)

ภาพที่ 5 บริเวณเปลือกสมองส่วนส่วนกลางตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าสมองที่มีความสูง และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมองแตกต่างกัน (A) ความสูงของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 (B) ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100

การอภิปรายผล

โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural Beats ที่พัฒนาขึ้นมีความยาว 20 นาทีต่อครั้งฟังวันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 14 วัน ทำให้มีผลต่อความใส่ใจเพิ่มขึ้น (Hasegawa et al., 2004; Zhu et al., 2009; Delle-Vigne, Kornreich, Verbanck, & Campanella, 2014) พิจารณาได้จากคะแนนการตอบถูกที่เพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบที่น้อยลง และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้นจากดนตรีบรรเลงความยาว 20 นาที และกำหนดคลื่นความถี่ของลำโพงหูข้างซ้ายที่ 100 Hz กับลำโพงหูข้างขวา 110 Hz บันทึกรวมกันกับดนตรีในรูปแบบไฟล์เพลง Mp3 เพื่อให้ผู้รับโปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ฟังอย่างสบาย ด้วยเครื่องเล่น Nano Mp3 ซึ่งผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เพิ่มความใส่ใจนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในระดับมากที่สุด ทั้งนี้การพัฒนาโปรแกรมได้อาศัยหลักการทับซ้อนของคลื่นเสียงที่ส่งเข้ามาจากหูข้างซ้ายและหูข้างขวา ด้วยระดับความถี่ที่แตกต่างกันเล็กน้อย มีความดังที่เหมาะสมต่อเส้นทางเดินของระบบการได้ยิน ด้วยผลการทับซ้อนนี้เป็นการแทรกสอดคลื่นความถี่ที่แตกต่างกันออกไป ตามแบบคลื่น Binaural beats (Kasprzak, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการพัฒนาโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มาพัฒนาเป็นโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ก่อนนำไปใช้มีตรวจสอบความเหมาะสม และนำข้อมูลที่ค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในสถานการณ์จริง (Joyce, Weil, & Calhoun, 2009) เมื่อนำไปทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นเวลา 20 นาที ต่อวัน โดยฝึกตามโปรแกรมติดต่อกันทุกวันรวมระยะเวลา 14 วัน ตามแนวคิดการเพิ่มศักยภาพของสมองระยะยาว (Long Term Potentiation: LTP) เนื่องจากระยะเวลาในการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ที่ต่อเนื่องทำให้เกิดการส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาทในการเพิ่มศักยภาพของสมองระยะยาว ให้มีการกระตุ้นที่มีความแรง (Intensity) และความถี่ (Frequency) มากพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ (Depolarization) ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังจุดประสานประสาท (Postsynaptic) และเพียงพอที่จะหลั่งสารสื่อประสาท

กลูตาเมท (Glutamate) ในระยะก่อนจุดประสานประสาทได้ (Presynaptic) (Izquierdo et al., 2008) ปรากฏว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรม ตลอดจนสามารถเข้าร่วมโปรแกรมและปฏิบัติกิจกรรมตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุด ได้เป็นอย่างดีในการฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats

2. ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ที่พัฒนาขึ้น

กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีความถูกต้องของการตอบสนองมากกว่าก่อนใช้โปรแกรมฟังดนตรีแทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats และมีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่าระยะก่อนการทดลองในกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ปรากฏว่ามีความใส่ใจแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากเวลาปฏิกิริยาของกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats กับกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่ไม่ได้แทรกสอดคลื่นเสียงและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีเวลาปฏิกิริยาขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจน้อยกว่ากลุ่มไม่ได้รับโปรแกรมฟังดนตรี ($p < .05$) แสดงว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats สามารถเพิ่มความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

กลุ่มรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีการเปลี่ยนแปลงของความสูงและความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่บริเวณเปลือกสมองส่วนกลาง และเกิดการเปลี่ยนแปลงของความสูง และความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ขณะทำกิจกรรมทดสอบความใส่ใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่บริเวณเปลือกสมองส่วนท้ายทอย แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นแบบ Binaural beats สามารถช่วยให้สมองทำงานได้รวดเร็วขึ้นลดการใช้พลังงานสมองทั้งนี้ Luck (2014) ได้เสนอว่า ผลสะท้อนของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ที่ก่อให้เกิดเป็นภาพสะท้อนต้นทุนของความใส่ใจ (Cost of attention) ในฐานะของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปรากฏขึ้นก่อน ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ได้ให้ความสนใจไปยังเป้าหมายนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป้าหมายที่มีการกระตุ้นจากภายนอกจะทำให้มีการลดลงในความกว้างคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 ซึ่งเป็นช่วงของการตอบสนองการแยกแยะและการวัดความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง P100 เป็นการวัดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการทำงานของสมอง ขณะทำกิจกรรมตั้งแต่ช่วงเวลาที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้า จนถึงเวลาที่ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) (Handy, 2005) การศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีผลต่อความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 โดยหลังการรับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ทำให้ความกว้างของคลื่นไฟฟ้าสมอง N100 และ P100 ขณะทำแบบทดสอบความใส่ใจลดลง ทั้งนี้เนื่องจากคลื่นเสียงแบบ Binaural beats มีผลต่อการส่งสัญญาณประสาทที่คอปัสคาโลซัม (Corpus callosum) ระหว่างสมองสองข้าง ซึ่งมีระดับของการส่งสัญญาณที่เพิ่มขึ้น มีผลมาจากการเชื่อมต่อการทำงานร่วมกันระหว่างสมองสองข้างที่เพิ่มขึ้นและรวดเร็วขึ้น (Christman & Propper, 2010)

นอกจากนี้แนวคิดการทำงานของระบบประสาทสมองที่เกี่ยวกับการรับรู้จากการฟังเสียงดนตรีที่ชื่นชอบ และเหมาะสมที่มีลักษณะการประสานเสียงของท่วงทำนองที่กลมกลืน (Consonant) การใช้เสียงเมเจอร์ (Major key) มีจังหวะเร็วในระดับปานกลางหรือเร็วขึ้นหรือเป็นเพลงที่ชอบและเลือกฟังด้วยตนเอง (Grewe, Nagel, Kopiez, & Altenmuller, 2007) การใช้ความถี่ที่แตกต่างกัน ในหูแต่ละข้าง ที่สามารถการกระตุ้นการรับรู้ทางหูได้รับการยอมรับว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและความรู้ความเข้าใจโดยผ่านกระบวนการที่อยู่ในบริเวณเปลือกนอกของสมอง

(Vernon et al., 2014) และยังเป็นวิธีการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นสากลมากที่สุดวิธีหนึ่ง (Johnsen et al., 2009) ทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ได้แก่ อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญต่อความใส่ใจและกระบวนการเรียนรู้ (Poe et al., 2010) และยังทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ (Motivation system) ซึ่งมีส่วนช่วยในการดำรงความใส่ใจ (Sustained attention) (Sarter, Gehring, & Kozak, 2009)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. หน่วยงานทั่วไปและสถาบันการศึกษา สามารถนำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ไปประยุกต์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหรือศึกษา โดยใช้โปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ร่วมกับวิชาแนะแนว หรือเปิดดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ขณะเรียนหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน เพื่อช่วยปรับคลื่นสมอง ปรับอารมณ์และเพิ่มความใส่ใจได้

2. สถาบันการศึกษาสามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ไปใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยและการบริการวิชาการ

3. นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจ นำโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats ไปประยุกต์เป็นทางเลือกในการกระตุ้นการทำงานของสมอง เพื่อพัฒนาความสามารถทางปัญญาด้านอื่น เช่น ด้านการเรียนรู้และการตัดสินใจ หรือช่วยในด้านการแพทย์เพื่อลดการบริโภคยาในผู้ป่วย เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และถนัดมือขวา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ควรมีการศึกษาผลของโปรแกรมฟังดนตรีที่แทรกสอดคลื่นเสียงแบบ Binaural beats เพื่อเปรียบเทียบผลแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิงรวมถึงการศึกษาในนักเรียนระดับอื่น ๆ เพื่อนำโปรแกรมนี้ไปทำวิจัยต่อ

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

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

ชาญวิทย์ พรนภดล, วินัดดา ปิยะศิลป์ และจิตราภรณ์ จิตรธร. (2554). *การพัฒนาแบบคัดกรองโรคสมาธิสั้นในเด็ก และวัยรุ่นไทย อายุระหว่าง 3-18 ปี.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมพร กันทรดุษฎี เตรียมชัยศรี. (2554). *กลไกของการปฏิบัติสมาธิ Mechanism of Meditation. นนทบุรี:* สำนักการแพทย์ทางเลือก.

อริยะ สุพรรณเภษัช. (2553). *พัฒนา E.Q. ด้วยเสียงเพลง.* กรุงเทพฯ: มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย.

Anderson, N. D., Iidaka, 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.

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., 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.

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.

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.

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.

Delle-Vigne, 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.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An applied guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods*. California: Sage Publications.

Fukui, H., & Toyoshima, K. (2008). Music facilitate the neurogenesis, regeneration and repair of neurons. *Medical Hypotheses*, *71*(5), 765-769.

Handy, C. T., (2005). *Event-Related Potentials: A Methods Handbook, Psychophysiology, 46*(4), 678-699.

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.

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.

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.

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.

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 22nd Iranian Conference on* (pp. 1976-1979). IEEE.

Kasprzak, C. (2011). Influence of binaural beats on EEG signal. *Acta Physica Polonica A*, *119*(6A), 986-990.

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.

Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique.* MIT Press.

McConnell, M. M., & Shore, D. I. (2011). Mixing measures: Testing an assumption of the Attention Network Test. *Attention, Perception, & Psychophysics, 73*(4), 1096-1107.

Newberg, A., & d'Aquili, E. G. (2008). *Why God won't go away: Brain science and the biology of belief*. New York: Ballantine.

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.

Poe, G. R., Walsh, C. M., & Bjorness, T. E. (2010). Cognitive neuroscience of sleep. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*(9), 679-693.

Privitera, G. J. (2011). *Statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). California: Sage Publications.

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.

Skoe, E., & Kraus, N. (2010). Auditory brainstem response to complex sounds: A tutorial. *Ear and Hearing, 31*(3), 302-324.

Taylor, J. G., & Fragopanagos, N. F. (2005). The interaction of attention and emotion. *Neural Networks, 18*(4), 353-369.

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.

Vazir, A., Hastings, P. C., Dayer, M., McIntyre, H. F., Henein, M. Y., Poole-Wilson, P. A., et al. (2007). A high prevalence of sleep disordered breathing in men with mild symptomatic chronic heart failure due to left ventricular systolic dysfunction. *European Journal of Heart Failure, 9*(3), 243–250.

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.