การเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา: การศึกษาเชิงคลื่นไฟฟ้าสมอง

Enhancing Linguistic Intelligence Among Primary School Student Using Language Comprehension Training Program: EEG Study

สุวารินทร์ ถิ่นทวี[1*] ภัทราวดี มากมี[2] พีร วงศ์อุปราช[2]
Suwarin Thinthawee[1*], Pattrawadee Makmee[2], Peera Wongupparaj[2]
[1] 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

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา สร้างแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ศึกษาผลของโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ก่อนกับหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาและทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไปที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้าสมองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 81 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม (กลุ่มละ 19-21 คน) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial pretest and posttest Design (Between subjects) กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย เก็บรวมรวมข้อมูลจากกิจกรรมการทดสอบผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์และวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) สถิติที่ใช้ได้แก่ การทดสอบที การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง และค่าขนาดอิทธิพล

ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ได้จริง ในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศหลังฝึกเพศชายมีคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าเพศหญิง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชาวน์ปัญญาทั่วไปหลังฝึกกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำมีคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่อคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ Gamma ที่ตำแหน่ง F3

Corresponding author. E-mail: thinthawee@gmail.com

คำสำคัญ แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์, โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา, คลื่นไฟฟ้าสมอง

ABSTRACT

This research aimed to create a language comprehension training program create a linguistic intelligence test and to study the results of the language comprehension training program. The study was comparing the differences in the EEG from making linguistic intelligence test before and after training with language comprehension training programs. The final study were testing of interactions between gender and general intelligence that affected on the EEG post-training with language comprehension training program. There are 81 students in sample group divide into 4 groups (19-21 per group) using 2x2 Factorial Pretest and Posttest Design (Between Subjects). The subjects were volunteers to participate in the research. Collected data from test activities via computer screen with linguistic intelligence test and EEG measurement. Statistics used are *t*-test dependent Two-way ANOVA and effect size.

The results of the research showed that the language comprehension training program could increase linguistic intelligence. In the overall the sample group had the absolute EEG after training was higher than before training. The EEG of boys were higher than girls. The EEG of low general intelligence groups were higher than high general intelligence groups. There were interaction between gender and general intelligence on the Gamma brain waves at position F3.

Keywords: linguistic intelligence test, language comprehension training program, EEG

ความนำ

เชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ (Linguistic intelligence) นั้น มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในทุก ๆ ด้าน เชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ เด็กแต่ละคนจะมีความสามารถเฉพาะ และรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาและเปลี่ยนแปลงได้ ครูต้องเข้าใจความสามารถเฉพาะตัวของเด็กด้วย ในการพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนนั้น ต้องใช้กิจกรรมที่หลากหลายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน ควรคำนึงว่าการเรียนรู้ภาษาเป็นไปตามหลักปฏิบัติโดยเชื่อมโยงการใช้รูปแบบภาษากับความเหมาะสมทางภาษาศาสตร์และสังคมเข้าด้วยกันกิจกรรมที่เหมาะสมในการพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่ค้นพบ ได้แก่ การอ่าน การเขียน การอธิบาย การนำอภิปรายในชั้นเรียน การสนทนา การจดบันทึกย่อ การฟังเพื่อจดบันทึก การอ่านหนังสือ การเล่าเรื่อง การโต้วาที การเขียนกลอน นิทาน นิยาย เรื่องสั้น หัวข้อข่าว จดหมายข่าว การทำหนังสือเล่มเล็ก พจนานุกรม การเขียนจดหมาย แผนผังความคิด การจัดรายการวิทยุ การสัมภาษณ์ กิจกรรม Storyboard กิจกรรมของผู้สื่อข่าว การจำลองสถานการณ์ การประยุกต์ การอธิบาย การนำเสนองาน การแสดง การวิเคราะห์แยกแยะ ส่วนสื่อที่เหมาะสมสำหรับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ได้แก่ การใช้ตำราเรียน เกม วิดีโอเกม ฯลฯ (Castejon, Perez, & Gilar, 2010; Kartiah, Rahman, Rahman, & Jabu, 2014; Kykalova & Vasilyeva, 2015; Sajjadi, Vlieghe, & De Troyer, 2016; Mcglynn & Kozlowski, 2017)

Armstrong (2009, p. 76) กล่าวไว้ว่า กลยุทธ์การสอนเชาวน์ปัญญาด้านภาษา ตามทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple intelligences) ของ Gardner ได้แก่ การเล่านิทาน การระดมพลังสมอง การฟังแถบบันทึกเสียง การเขียนบทความ การเขียนประกาศ หรือจดหมายข่าว ทั้งนี้ Armstrong (2009, p. 60) ยังเสนอแนะเพิ่มเติมอีกว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน สำหรับส่งเสริมเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ทั้งที่เป็นกิจกรรมและสื่อการเรียนการสอนมีจำนวน 22 ทางเลือก ได้แก่ กิจกรรมหรือวิธีการ จำนวน 16 ทางเลือก ดังนี้ 1) การระดมพลังสมอง 2) การร้องเพลง 3) การอภิปราย 4) การเล่นกลอนสด 5) การอ่านเป็นรายบุคคล 6) การเก็บบันทึกข้อมูล 7) การอภิปรายกลุ่มใหญ่และกลุ่มย่อย 8) การบรรยาย 9) การท่องจำข้อเท็จจริงทางภาษาศาสตร์ 10) การประกาศการโฆษณา 11) การอ่านหนังสือในชั้นเรียน 12) การแบ่งปันเวลาสำหรับกิจกรรมทางภาษา 13) การเล่านิทาน 14) การกล่าวสุนทรพจน์ 15) เกมทางภาษา และ 16) กิจกรรมทางการเขียน และทางเลือกที่เป็นสื่อการเรียนการสอนอีก 6 ทางเลือก ได้แก่ 1) หนังสือ 2) คู่มือตำรา 3) หนังสือพูดได้ 4) แถบบันทึกเสียงเกี่ยวกับการออกเสียงเป็นคำ ๆ 5) การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางการออกเสียงคำ และ 6) ใบงาน

ในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้รวมถึงความพึงพอใจ ความสำเร็จ แรงจูงใจ ความสนใจ และอื่น ๆ (Mayer, 2003) การใช้เกมแบบสถานการณ์จำลองซึ่งผู้เล่นจะรู้สึกมีส่วนร่วมมากกว่าวิธีการเรียนรู้อื่น ๆ การโต้ตอบที่สูงหมายถึงความเพียงพอ การสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องเล่นหรือระหว่างผู้เล่นสองคน การมีปฏิสัมพันธ์สูงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และอาจสงผลให้ผู้เรียนมีสวนเพิ่มประสิทธิผล (Sitzmann, 2011) มีคุณลักษณะบางอย่างในเกมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ความสนุก กฎ กติกา เป้าหมาย การโต้ตอบ การปรับตัว ผลลัพธ์และข้อเสนอแนะ การชนะ ความขัดแย้ง การแข่งขัน ความท้าทาย ฝ่ายตรงข้าม การแก้ปัญหา ปฏิสัมพันธ์ในสังคม การแสดงและเรื่องราว คุณสมบัติเหล่านี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเกม (Prensky, 2007) นอกจากนี้ Prensky ยังชี้ให้เห็นว่าการเล่นเกมดิจิทัลเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจและมีชีวิตชีวา ซึ่งช่วยเพิ่มความสนใจและแรงจูงใจของผู้เข้าร่วมประชุม ส่วนเกมการเรียนรู้เป็นเกมการศึกษา ที่รวมเนื้อหาการเรียนรู้และเกมดิจิทัลเพื่อช่วยให้ผู้เล่นได้เรียนรู้บางวิชา Prensky กำหนดเกมที่ใช้การเรียนรู้เป็นประเภทของเกมที่ออกแบบมาให้สมดุลกับเรื่องและความสามารถของผู้เล่น และได้กล่าวว่าเกมคอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

นอกจากกิจกรรม หรือ สื่อต่าง ๆ จะช่วยในการพัฒนาเชาวน์ปัญญาแล้ว ยังมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเชาวน์ปัญญาอีก 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) พันธุกรรม เป็นการถ่ายทอดลักษณะทางสายพันธุ์จากบรรพบุรุษไปยังลูกหลาน ซึ่งพิจารณาได้จากระดับของเชาวน์ปัญญา เพศ วัย เชื้อชาติ และ 2) สิ่งแวดล้อม ที่มีผลต่อเชาวน์ปัญญานั้น เริ่มตั้งแต่การปฏิสนธิจนถึงการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่ สิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ ความพร้อมในการตั้งครรภ์ อาหาร โรคภัยไข้เจ็บ การประสบอุบัติเหตุ การอบรมเลี้ยงดู ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว การจัดสิ่งแวดล้อมหรือเงื่อนไขในการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า พันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม มีอิทธิพลต่อเชาวน์ปัญญา ในการวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับเพศ (Gender) และเชาวน์ปัญญาทั่วไป (General intelligence) ซึ่งเป็นตัวแทนของพันธุกรรม จากการทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เพศ และ เชาวน์ปัญญาทั่วไป มีความสัมพันธ์กับการพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ทั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างเพศ กับเชาวน์ปัญญาทางภาษาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเพศหญิงมีเชาวน์ปัญญาทางภาษาศาสตร์ดีกว่าเพศชาย และความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญาทั่วไป กับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน นั่นคือถ้าบุคคล

ใดมีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง ก็จะมีเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่สูงด้วยเช่นกัน จึงได้นำ เพศ และเชาวน์ปัญญาทั่วไป มาเป็นตัวแปรในการออกแบบการทดลองเพื่อพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ต่อไป (Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007; Zulkiply, Adruce, Ghani, & Chen, 2008; Verhoeven & Leeuwe, 2011; Storek & Furnham, 2012; Parviz & Gorjian, 2014; Cavojova & Mikuskova, 2015; Soares, Lemos, Primi, & Almeida, 2015; Tarbetsky, Collie, & Martin, 2016; Budrina, 2017)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

2. เพื่อสร้างแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาของ Gardner สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

3. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ในประเด็นต่อไปนี้

3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างก่อนกับหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์หลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายกับเพศหญิง และระหว่างกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงกับกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ

3.3 ทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้าสมองจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหลังการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

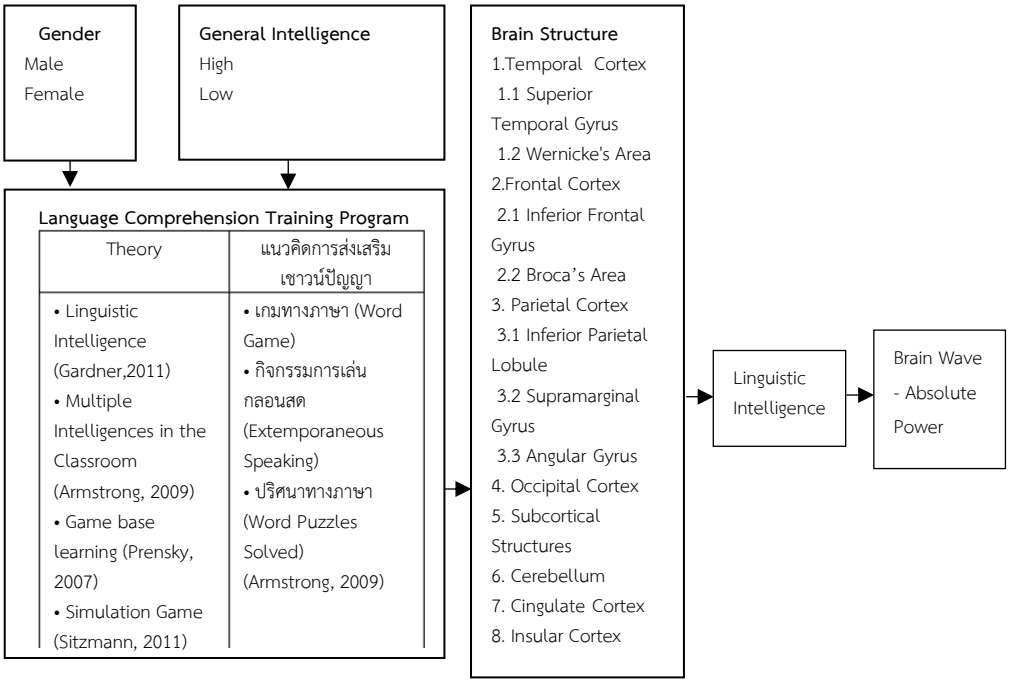
กรอบแนวคิดการวิจัย

จากเอกสาร ตำรา งานวิจัย ที่ได้ศึกษาพบว่า เพศ และลักษณะเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ จากการที่ได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมจากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ (Linguistic intelligence) ตามทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple intelligence) ของ Gardner (2011, pp. 81-82) ที่เหมาะกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดการส่งเสริมเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนด้วย 1) เกมทางภาษา (Word game) 2) กิจกรรมการเล่นกลอนสด (Extemporaneous speaking) และ 3) ปริศนาทางภาษา (Word puzzles solved) ของ Armstrong (2009) ที่กล่าวมาแล้ว ผนวกกับ แนวคิด Game base learning ของ Prensky (2007) และแนวคิด Simulation game ของ Sitzmann (2011)

การเปลี่ยนแปลงของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า พบว่าโครงสร้างภายในสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ได้แก่ ซีรีบรัม คอร์เท็กซ์ (Cerebral cortex) เป็นส่วนหนึ่งของเทเลนเซฟาลอน (Telencephalon) ทำหน้าที่ในการพูดและภาษาโบรคา (Broca's area) คือส่วนที่สั่งการเกี่ยวกับภาษาได้แก่ ภายในสมองกลีบหน้าของสมอง เวอร์นิเก (Wernicke's area) คือส่วนที่เกี่ยวกับการเข้าใจคำพูด ซึ่งอยู่บริเวณรอยต่อของสมองกลีบขมับ และสมองกลีบข้างบริเวณทั้งสองเชื่อมต่อกันด้วยลำเส้นใยประสาทขนาดใหญ่เรียกว่า อาร์คูเอท ฟาสซิคูลัส (Arcuate fasciculus) (Shearer & Karanian, 2017) นอกจากนี้

ยังพบว่าสมองส่วนกลางของกลีบขมับ (Temporal lobe) มีผลต่อการออกเสียง (Phonology) การสะกดคำ (Orthographic) และสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) มีผลต่อการออกเสียง (Phonology) ในภาษาเช่นกัน (Systad, Bjornvold, Markhus, & Lyster, 2017) ส่วนตำแหน่งในสมองที่เกี่ยวข้องกับการรู้ความหมายของคำ (Semantic) อยู่บริเวณตรงกลางของสมองกลีบขมับด้านซ้าย ตำแหน่ง Brodmann area 39 (Left middle temporal gyrus) (Pascual-Marqui, 2002) เมื่อเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ เกิดการพัฒนา ก็สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองตามตำแหน่งที่เกี่ยวข้องได้

การวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแบบไร้สาย ได้แก่ Emotiv EPOC^{+} ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ Electroencephalography (EEG) ได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่เป็นเครื่องมือแบบไร้สาย ขนาดเล็กกะทัดรัด ใช้งานง่าย ตำแหน่งอิเล็กโทรดมี 14 Chanal รองรับสมองทั้ง 5 ส่วน ตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ Area 24: Broca's Area, Area 20: Wernicke's Area และ Area 39: Angular Gyrus, Area 47: Inferior Prefrontal Gyrus นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงกับทุก ๆ ตำแหน่งของ Emotiv EPOC^{+} ทั้งนี้กรอบแนวคิดการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา: การศึกษาเชิงคลื่นไฟฟ้าสมอง

สมมติฐานของการวิจัย

1. โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเหมาะสมสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากขึ้นไป ผลการทดสอบหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากขึ้นไป

2. แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเหมาะสมสำหรับวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยมีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก ค่าความเที่ยงเป็นไปตามมาตรฐานของแบบวัด ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากขึ้นไป และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากขึ้นไป

3. กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง สูงกว่าก่อนฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

4. กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพศชายมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าเพศหญิง

5. กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง

6. มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่อค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่างหลังการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งวิธีวิจัยเป็น 3 ระยะ ตามลำดับดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ดำเนินการดังนี้ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) สร้างโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา 3) ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรม 4) ประเมินความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ถ้า “ไม่ผ่าน” กลับไปศึกษาเอกสารใหม่ ถ้า “ผ่าน” เข้าสู่ขั้นตอนที่ 5 5) ศึกษานำร่อง (Pilot study) โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา 6) เปรียบเทียบผลก่อนและหลังใช้โปรแกรม ถ้า “ไม่ผ่าน” กลับไปศึกษาเอกสารใหม่ ถ้า “ผ่าน” เข้าสู่ขั้นตอนที่ 7 และ 7) จัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

ระยะที่ 2 การสร้างแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาของ Gardner สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ดำเนินการดังนี้ 1) ทบทวนแบบวัดมาตรฐานที่นิยมใช้กันอย่างหลากหลาย 2) สังเคราะห์แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ให้ตรงนิยามศัพท์ ถ้า “ไม่ตรงนิยาม” ตัดทิ้ง ถ้า “ตรงนิยาม” เข้าสู่ขั้นตอนที่ 3 3) จัดพิมพ์แบบวัดตามรูปแบบของแบบวัดมาตรฐาน 4) หาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ 5) ปรับปรุงแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 6) ทดลองใช้ (Try out) แบบวัดกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 30 คน 7) หาค่าความเที่ยงและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดแล้วคัดข้อที่ได้มาตรฐานไว้ และ 8) ได้แบบวัดมาตรฐานสำหรับวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์

ระยะที่ 3 การศึกษาผลของโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ในประเด็นคลื่นไฟฟ้าสมองหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา ดำเนินการดังนี้ 1) เลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง 2) กำหนดแบบแผนการทดลอง แบบ 2x2 Factorial pretest and posttest design (Between subjects) 3) พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4) ดำเนินการทดลอง 5) เก็บรวบรวมข้อมูล 6) วิเคราะห์ข้อมูล 7) ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการอนุญาตจากผู้ปกครอง ของโรงเรียนอนุบาลเกาะจันทน์ จังหวัดชลบุรี จำนวน 81 คน นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเบื้องต้น และวัดเชาวน์ปัญญาทั่วไปด้วยแบบวัด Standard Progressive Matrices (SPM) ของ Raven เพื่อคัดเลือกเข้ากลุ่มจำนวน 4 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ 1) กลุ่ม A เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง 20 คน 2) กลุ่ม B เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ 21 คน 3) เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง 21 คน และ 4) เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ 19 คน

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้ ใช้เทคนิคการวิจัยแบบ Factorial design โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ 2 x 2 Factorial pretest and posttest design (Between subjects) (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 77) มีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial pretest and Posttest Design (Between subjects)

กลุ่ม (Group)	วัดก่อนทดลอง (Pretest)	สิ่งทดลอง (Treatment)	วัดหลังทดลอง (Posttest)
A	O_1O_2	X	O_3O_4
B	O_1O_2	X	O_3O_4
C	O_1O_2	X	O_3O_4
D	O_1O_2	X	O_3O_4
	Time ▶		

ความหมายของสัญลักษณ์

A หมายถึง เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง B หมายถึง เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ

C หมายถึง เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง D หมายถึง เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ

X หมายถึง การฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

O_1 หมายถึง การวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ในเชิงพฤติกรรมด้วยแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ก่อนการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา เปรียบเทียบจำแนกตามเพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไป

O_2 หมายถึง การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Emotiv EPOC$^+$ ก่อนการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา เปรียบเทียบจำแนกตามเพศ และเชาวน์ปัญญาทั่วไป

O_3 หมายถึง การวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ในเชิงพฤติกรรมด้วยแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ หลังการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา เปรียบเทียบจำแนกตามเพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไป

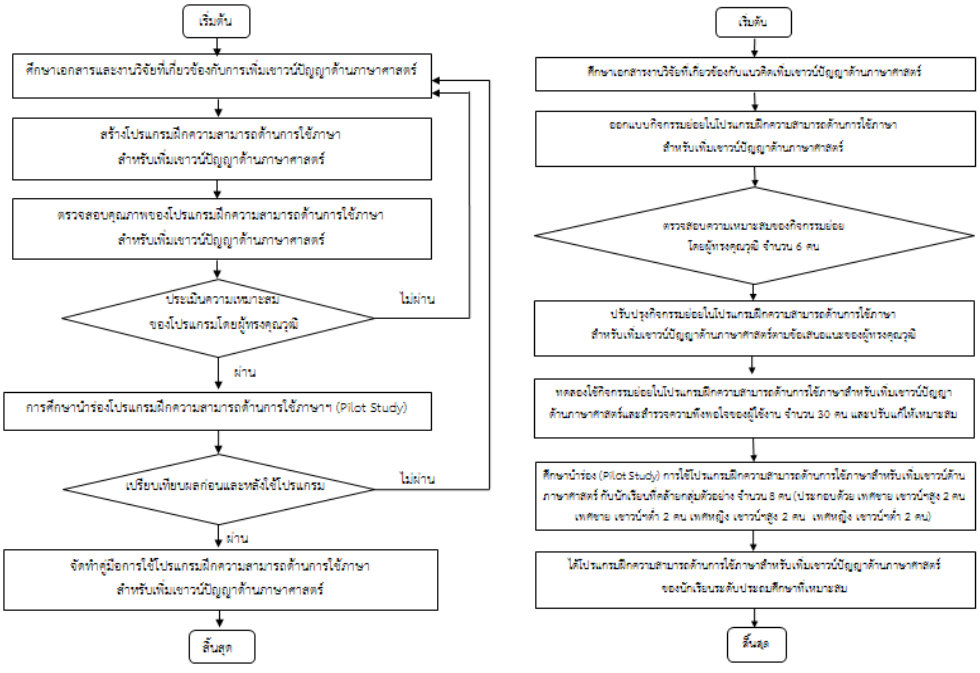
O_4 หมายถึง การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Emotiv EPOC$^+$ หลังการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา เปรียบเทียบจำแนกตามเพศ และเชาวน์ปัญญาทั่วไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

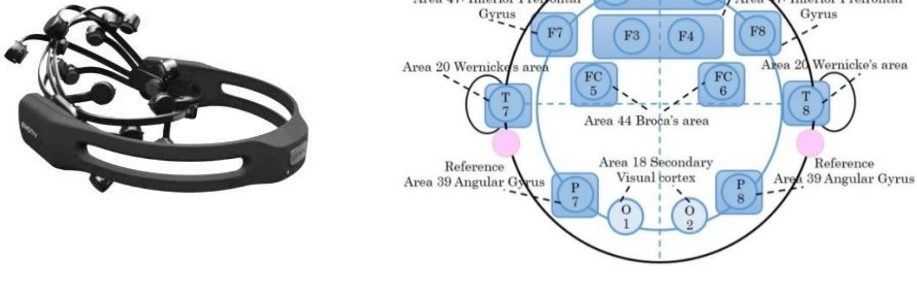
1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป 2) แบบสำรวจความถนัดมือขวา 3) แบบสำรวจภาวะซึมเศร้า 4) แผ่นวัดระดับการมองเห็นในระยะใกล้ (Near vision) 5) แผ่นทดสอบตาบอดสี (Test of colour-deficiency) 6) แบบคัดกรองนักเรียนที่มีภาวะสมาธิสั้น บกพร่องทางการเรียนรู้และออทิซึม (KUSSI) 7) แบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา 8) แบบคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ และ 9) แบบคัดกรองเชาวน์ปัญญาทั่วไป Standard Progressive Matrics (SPM) ของ Raven

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว มีลักษณะเป็นเกมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามนิยามศัพท์เชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ (Linguistic Intelligence) ตามทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple intelligence) ของ Gardner (2011, pp. 81-82) กอปรกับแนวคิด Multiple intelligence in the classroom ของ Armstrong (2009) แนวคิด Game based learning ของ Prensky (2007) และแนวคิด Simulation game ของ Sitzmann (2011) จำนวน 20 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที โดยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีวิธีการพัฒนา ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรตาม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) เครื่องมือวัดด้านความสามารถ ได้แก่ แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นแบบวัดที่พัฒนาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Open Sesame ชนิดถูกผิด (True-false) และ 2) เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ เครื่องบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง Emotiv รุ่น EPOC^{+} มี 14 ช่องสัญญาณ (Chanel) เป็นเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความแม่นยำ ใช้งานง่าย เพราะเป็นระบบไร้สายเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง โดยใช้เซนเซอร์ที่อ้างอิงระบบมาตรฐานสากล 10-20 (Electro cap) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องมือ Emotiv รุ่น EPOC^{+} และตำแหน่งของอิเล็กโทรดทั้ง 14 Channel (Suh & Yim, 2018)

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง ดำเนินการโดยติดต่อประสานงานกับผู้อำนวยการโรงเรียนและครูประจำชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อขออนุญาตดำเนินการประชาสัมพันธ์รับสมัครอาสาสมัครนักเรียนที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ชี้แจงให้นักเรียนและผู้ปกครองทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย พร้อมสอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย ดำเนินการคัดกรองนักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนด ยินดีเข้าร่วมการวิจัย และได้รับการอนุญาตให้เข้าร่วมการวิจัยจากผู้ปกครอง จนได้กลุ่มตัวอย่างตามเป้าหมาย

2. ระยะการทดลอง ดำเนินการโดยฝึกนักเรียนในกลุ่มทดลองด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ดำเนินการฝึกด้วยคอมพิวเตอร์เกมที่โรงเรียนอนุบาลเกาะจันทน์แบ่งการฝึกออกเป็น 4 กลุ่ม ตามที่ได้คัดเลือกไว้เรียบร้อยแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกจำนวน 20 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที

3. ระยะหลังการทดลอง ดำเนินการโดยวัดผลของตัวแปรตามหลังการทดลอง (Posttest) ได้แก่ 1) วัดความสามารถทางเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ด้วยแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งดำเนินการวัดพร้อมกับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ณ ห้องประชุมจันทน์หอม โรงเรียนอนุบาลเกาะจันทน์ 2) วัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง Emotiv EPOC^{+} Neuroheadset ตามตารางนัดหมาย 3) วิเคราะห์การใช้ระยะเวลาตอบสนองในการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ และ 4) บันทึกผลการวัดตัวแปรตามหลังการทดลองทั้ง 3 องค์ประกอบ เพื่อแสดงผลของการฝึกนักเรียนด้วยโปรแกรมพัฒนาเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ พร้อมทั้งอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

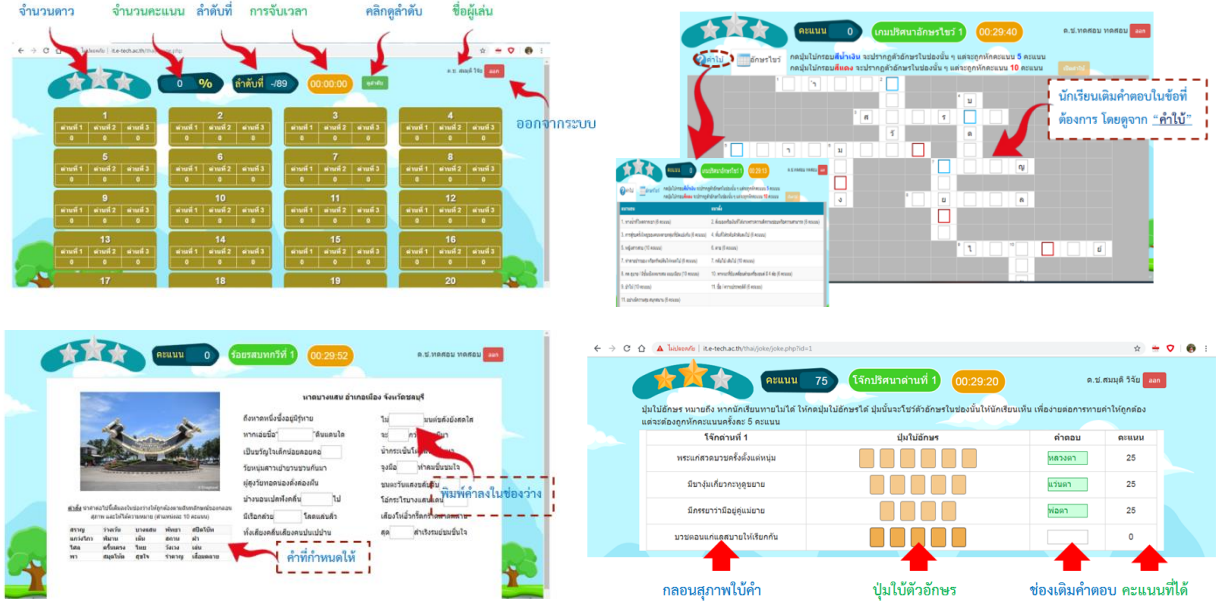
ผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า ในภาพรวมผลการประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับมาก (M=4.37) ผลการเปรียบเทียบคะแนนตอบถูกจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาระหว่างก่อนกับหลัง การศึกษานำร่อง (Pilot study) ปรากฏว่า คะแนนตอบถูกจากการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์หลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยผู้ใช้งาน ปรากฏว่า ภาพรวม ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อโปรแกรม ในระดับมากที่สุด (M=4.85)

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ตามทฤษฎีพหุปัญญาของ Gardner สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมสำหรับวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา มีค่า CVI ทั้งฉบับเท่ากับ .91 การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก พบว่า แบบวัดมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .21 – .81 ค่าความยากระหว่าง .57 - .80 ได้แบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อคำถาม นำมาหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับ (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าเท่ากับ .89 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมปรากฏว่า มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (M=4.73) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน ในภาพรวมปรากฏว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (M=4.53)

ตอนที่ 3 ผลการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

3.1 โปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ได้จริง โดยมีผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าสมอง พบว่าในภาพรวมค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทั้งนี้ ตัวอย่างโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาสำหรับเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์

3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองจำแนกตามเพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศ หลังฝึกเพศชายมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชาวน์ปัญญาทั่วไป หลังฝึกกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่อค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ Gamma ที่ตำแหน่ง F3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองจำแนกตามเพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไปและแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปที่มีต่อค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองเฉพาะคลื่นและตำแหน่งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษา

คลื่น	อิเล็กโทรด	ตัวแปรที่ศึกษา	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	*ES*
Theta	F3	เพศ	21.41	1	21.41	7.95*	<.05	0.09
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	11.02	1	11.02	4.10*	<.05	0.05
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	1.15	1	1.15	0.43ns	0.52	0.01
Theta	O1	เพศ	0.23	1	0.23	0.08ns	0.77	0.00
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	13.04	1	13.04	4.80*	<.05	0.06
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.32	1	0.32	0.12ns	0.73	0.00
Theta	F4	เพศ	8.39	1	8.39	2.57ns	0.11	0.03
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	13.01	1	13.01	3.99*	<.05	0.05
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.02	1	0.02	0.01ns	0.93	0.00
Alpha	O1	เพศ	0.15	1	0.15	0.44ns	0.51	0.01
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	1.43	1	1.43	4.24*	<.05	0.05
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.09	1	0.09	0.27ns	0.60	0.00
Alpha	T8	เพศ	0.00	1	0.00	0.39ns	0.54	0.01
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.00	1	0.00	4.72*	<.05	0.06
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.00	1	0.00	0.07ns	0.79	0.00
Lower	F7	เพศ	1.68	1	1.68	10.76**	<.01	0.12
Beta		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.17	1	0.17	1.12ns	0.29	0.01
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.33	1	0.33	2.09ns	0.15	0.03

ตารางที่ 2 (ต่อ)

คลื่น	อิเล็กโทรด	ตัวแปรที่ศึกษา	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	*ES*
Lower	T7	เพศ	0.01	1	0.01	10.26**	<.01	0.12
Beta		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.00	1	0.00	5.57*	<.05	0.07
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.00	1	0.00	3.10ns	0.08	0.04
Lower	F8	เพศ	1.49	1	1.49	4.25*	<.05	0.05
Beta		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.26	1	0.26	0.74ns	0.39	0.01
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.08	1	0.08	0.21ns	0.65	0.00
Higher	P7	เพศ	0.10	1	0.10	4.66*	<.05	0.06
Beta		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.01	1	0.01	0.33ns	0.57	0.00
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.03	1	0.03	1.48ns	0.23	0.02
Gamma	F7	เพศ	0.72	1	0.72	5.13*	<.05	0.06
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.04	1	0.04	0.31ns	0.58	0.00
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.27	1	0.27	1.90ns	0.17	0.03
Gamma	F3	เพศ	0.00	1	0.00	0.08ns	0.78	0.00
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.01	1	0.01	0.31ns	0.58	0.00
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.18	1	0.18	8.14**	<.01	0.10
Gamma	T7	เพศ	0.55	1	0.55	6.76*	<.05	0.08
		เชาวน์ปัญญาทั่วไป	0.55	1	0.55	6.70*	<.05	0.08
		เพศ*เชาวน์ฯทั่วไป	0.10	1	0.10	1.27ns	0.26	0.02

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าสมองปรากฏชัดว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างก่อนกับหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทั้งในเพศชายและเพศหญิง ในกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำและเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง ที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด AF3 F7 F3 FC5 T7 P7 O1 O2 P8 FC6 F4 F8 และ AF4 โดยพบว่าในภาพรวมทุกกลุ่มตัวอย่างหลังฝึกมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าก่อนฝึก ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อสมองถูกฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาเป็นเวลานาน 1 เดือน หรือจำนวน 20 ครั้ง กลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ เกิดการกระตุ้นให้คิด ตัดสินใจ แก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดค่าพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Oei and Patterson (2014) พบว่า การฝึกฝนนักเรียนด้วยวีดิโอเกมปริศนาช่วยพัฒนาสมองส่วนหน้าของนักเรียน สามารถช่วยปรับปรุง Executive function และ Working memory ได้อีกด้วย ดังที่ Mayer (2009) อธิบายไว้ว่า เมื่อมีการฝึกสมอง

ด้วยคอมพิวเตอร์เกมแอคชันที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้สมองได้รับการกระตุ้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการตอบสนองทางระบบประสาทระหว่างสมองส่วน Interhemisphere ในเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วน Corpus callosum จะเพิ่มการทำงานของการสร้างกระแสประสาทเพิ่มการหลั่งสารสื่อประสาทที่สำคัญ ได้แก่ Acetylcholine และ Dopamine ส่งผลต่อการเพิ่มกระบวนการเรียนรู้และความจำขณะทำงานของสมองเมื่อเล่นเกมประเภทเกมแอคชัน เมื่อตามองเห็นภาพจะส่งสัญญาณการรับภาพไปยัง Retina แล้วส่งไปยังเส้นประสาทเส้นที่ 2 Optic nerves ซึ่งเป็นเส้นประสาทที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น โดยรับข้อมูลภาพที่ได้จาก Retina แล้วส่งไปยังสมองส่วน Thalamus ก่อนที่จะไปสิ้นสุดที่ผิวสมองส่วนหลัง Visual cortex โดยมีต้นกำเนิดอยู่ที่บริเวณ Lateral geniculate nucleus สมองส่วน Thalamus อยู่ทางด้านบนเหนือก้านสมองขึ้นไปและถูกปกคลุมด้วย Cerebral cortex อีกชั้นหนึ่ง ทำงานเกี่ยวกับสมองหลายระบบ เป็นสถานีชุมสายของสัญญาณผ่านต่าง ๆ ที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับ Sensory inputs ทั้งหมด ยกเว้นการดมกลิ่น Thalamus เป็นตำแหน่งในการรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังสมองส่วนต่าง ๆ โดยข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกส่งไปยังผิวสมองข้อมูลสื่อสัมผัส ได้แก่ รูป รส เสียง จากอวัยวะผิวกาย ตา หู โดยข้อมูลจะถ่ายโอนมาชุมทางนี้ ก่อนส่งไปกระตุ้นสมองส่วนหลังเหนือท้ายทอย Occipital lobe ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ ตำแหน่งสมองที่ Brodmann Area 17, 18 และ 19 ส่งไปยังสมองส่วนหลังกระหม่อม Parietal lobe ส่งต่อไปยัง Inferior parietal lope ตำแหน่งสมองที่ Brodmann Area 39 และ 40 และส่งไปยัง Hippocampus ซึ่งเป็นสมองส่วนสำคัญที่ทำให้จำได้ เพื่อไปกระตุ้นให้ความจำขณะทำงานให้ทำงานเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการเกิดความจำขณะทำงานเพิ่มมากขึ้น กอปรกับการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทวิทยาศาสตร์ ที่มีนักวิจัยได้ค้นพบไว้ ได้แก่ Shearer and Karanian (2017) ได้รวบรวมงานวิจัย เอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับ ระบบประสาทวิทยาศาสตร์ ที่สัมพันธ์กับทฤษฎีพหุปัญญา ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ พบว่าบริเวณ Temporal เป็นหน่วยควบคุมที่โดดเด่นที่สุดสำหรับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ศาสตร์ ภายใน Temporal cortex พบหน่วยย่อยที่ 2 ที่ควบคุมเรื่องภาษาศาสตร์ ได้แก่ Superior temporal gyrus ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิภายใน Superior temporal gyrus ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ระดับที่สามระบุว่าเป็นบริเวณ Wernicke’s area ซึ่งเป็นพื้นที่ที่โดดเด่นที่สุด ส่วนหน่วยแรกบริเวณ Frontal cortex พื้นที่ที่โดดเด่นสำหรับการวิเคราะห์ทุติยภูมิ พบว่า คือบริเวณ Inferior frontal gyrus เป็นส่วนสำคัญภายใน Frontal cortex การวิเคราะห์ในระดับที่สามที่เป็นจุดเด่นใน Frontal cortex เป็นพื้นที่ของ Broca’s area ส่วนการวิเคราะห์ลำดับที่ 2 ของ Frontal cortex มีการวิเคราะห์เช่นกันที่ Motor cortex ซึ่งเป็นตำแหน่งของสมองส่วนที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกายทั้งหมดที่ไม่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น การเคลื่อนไหวของ แขน ขา ใบหน้า จากข้อสังเกตที่สำคัญหน่วยย่อยของทั้ง Temporal cortex และ Frontal cortex เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประมวลผลภาษาการควบคุมการพูด และการผลิตเสียงพูด ส่วน Parietal cortex ถูกระบุว่าเป็นพื้นที่ที่สำคัญสำหรับภาษาศาสตร์เช่นกัน การวิเคราะห์ทุติยภูมิพบว่า Inferior parietal lobule เป็นหน่วยที่มีการอ้างอิงมากที่สุดและการวิเคราะห์ในระดับที่สาม ระบุว่า Supramarginal gyrus และ Angular gyrus เป็นหน่วยย่อยที่เด่นชัดของ Inferior parietal lobule จะเห็นได้ว่า การทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับเกือบทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด หรือเกือบทุก Brodman area จึงทำให้ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองในภาพรวมหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึกตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เมื่อพิจารณาในภาพรวมหลังฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาผลการเปรียบเทียบระหว่างเพศชายกับเพศหญิงพบว่าเพศชายมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าเพศหญิงและผลการเปรียบเทียบกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงกับกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำพบว่า กลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง ทั้งนี้เนื่องจาก ในกลุ่มที่มีศักยภาพด้อยกว่าย่อมต้องใช้พลังงาน (Energy of the brain) ใช้ความคิด ใช้เวลาในการ Recall ความรู้ ความจำที่มีอยู่เดิมมากกว่าและนานกว่าจึงจะตัดสินใจได้ว่าจะเลือกตอบข้อใดในการทำแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ จึงทำให้เกิดค่าพลังงานของคลื่นไฟฟ้าสมองที่สูงกว่ากลุ่มที่มีศักยภาพสูงกว่า เพศชายจึงมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่าเพศหญิง กลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำจึงมีค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสูงกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง สอดคล้องกับ Kang, Ojha, Lee, and Lee (2017) ได้วิจัยเรื่อง ความแตกต่างของรูปแบบของสมองในกลุ่มคนที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำกับกลุ่มคนที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง EEG พบว่า การวัด EEG สามารถตัดสินความเหมือนหรือความแตกต่างของกลุ่มคนที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงและกลุ่มคนที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำได้ โดยวัดระหว่างที่มีการแก้ปัญหาของสมองที่เกี่ยวข้องกับตัวกระตุ้นทางภาษาศาสตร์และมิติสัมพันธ์ คลื่นที่วัดได้แก่ คลื่น Theta กับคลื่น Alpha ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงมีประสิทธิผลปานกลางของกระบวนการรับข้อมูลโดยโฟกัสที่ตัวกระตุ้นภายในและภายนอกขึ้นอยู่กับชนิดและความยากของ task ผลการทดลองพบวิธีการใหม่ที่เรียกว่า μ index ในการวัดความแตกต่างของกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูงกับกลุ่มที่มีปัญญาทั่วไปต่ำในการวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์และด้านมิติสัมพันธ์

ผลการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับเชาวน์ปัญญาทั่วไปพบว่า เพศและเชาวน์ปัญญาทั่วไปมีผลต่อค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ช่วงความถี่คลื่น Gamma ที่ตำแหน่ง F3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์จากมากไปน้อยได้ดังนี้ 1) เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ 2) เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง 3) เพศชายที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปต่ำ และ 4) เพศหญิงที่มีเชาวน์ปัญญาทั่วไปสูง ทั้งนี้เนื่องจากที่ตำแหน่ง F3 การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไป แสดงให้เห็นว่าเพศและระดับเชาวน์ปัญญาทั่วไปส่งผลร่วมกันต่อคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ Gamma ที่ตำแหน่งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่ง F3 อยู่ในบริเวณ Brodman area 8 คือตำแหน่งของ Includes frontal eye fields มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของดวงตา การพูด กระบวนการแปลความหมายทางภาษา ประโยค รวมทั้งเป็นศูนย์ควบคุมระบบต่าง ๆ ของมองส่วนหน้า ได้แก่ การเรียนรู้ การจินตนาการ การเคลื่อนไหว การหัวเราะ การยิ้ม พฤติกรรมการวางแผน การรับรู้ ความจำขณะทำงาน (Trans Cranial Technologies, 2012, pp.20-21) เมื่อสมองถูกกระตุ้นด้วยโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาอย่างต่อเนื่อง เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางภาษาผ่านการใช้สายตาในการรับรู้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ในเบื้องต้นจากโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาและแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์แบบคอมพิวเตอร์ เกิดการดึงข้อมูลความจำมาใช้เพื่อตอบสนองต่อโปรแกรมฝึกความสามารถด้านการใช้ภาษาและแบบวัดเชาวน์ปัญญาด้านภาษาศาสตร์ ที่ตำแหน่งนี้ จึงมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังงานสัมบูรณ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ Gamma ของกลุ่มตัวอย่างอย่างเด่นชัด ซึ่งได้เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังกล่าวแล้วข้างต้น กอปรกับการปรากฏของคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงความถี่ Gamma เป็นคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการสร้างความทรงจำที่ดีและโดดเด่นในการแก้ปัญหา มีความสำคัญสำหรับข้อมูล และการ

ประมวลผลข้อมูลระดับสูง ความถี่ของคลื่นแกมมานั้นส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับความฉลาด การแก้ปัญหา การจดจ่อ การท่องจำ และสมาธิ สอดคล้องกับ Gagol et al. (2018) ได้วิจัยเรื่อง คลื่นเดลต้า-คลื่นแกมม่า กลไกทางประสาทวิทยาศาสตร์ของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล พบว่า ในบุคคลที่มีสุขภาพดี สมบูรณ์ แข็งแรง จะพบคลื่นเดลต้าและคลื่นแกมม่า เมื่อถูกกระตุ้นให้เกิดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ซึ่งในสภาวะที่เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลแข็งแรงจะพบคลื่นแกมม่า และในสภาวะที่เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลอ่อนแอกว่า จะพบคลื่นเดลต้า Penolazzi, Angrilli, and Job (2009) ได้วิจัยเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ EEG โดยใช้กิจกรรมที่เป็นการเดาความหมายของคำระหว่างการอ่านประโยค พบว่า การกระตุ้นโดยใช้คำ คือให้เดาความหมายของคำ เกิดคลื่น Low gamma ในกลุ่มทดลอง แต่เมื่อใช้การกระตุ้นโดยให้อ่านประโยค เกิดคลื่น High gamma ในกลุ่มทดลอง นอกจากนี้ Zhong, Khurana, Kumar , Saini, and Roy (2018) ได้วิจัยเกี่ยวกับการวัดคลื่นไฟฟ้า EEG โดยใช้ตัวกระตุ้นที่เป็นคำที่มีความหมายคล้ายกัน วัดคลื่นไฟฟ้าสมองโดยเครื่องมือ Emotive EPOC^{+} พบว่า เมื่อกลุ่มทดลองพบคำศัพท์ที่ไม่คุ้นเคย จะเกิดความสับสนวุ่นวายใจจะปรากฏคลื่นสมองในช่วงความถี่ Beta และ Gamma ที่โดดเด่น กว่าเมื่อพบคำศัพท์ที่คุ้นเคย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยนี้ และ Bonhage, Meyer, Gruber, Friederici, and Mueller (2017) ได้วิจัยเรื่องวัฏจักรของ EEG ภายใต้การทดสอบอัตโนมัติด้วยประโยค พบว่า การใช้ประโยคกระตุ้นแล้ววัด EEG ประโยคทำให้คลื่นไฟฟ้าสมองเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จาก Theta เป็น Beta และเป็น Gamma ในที่สุด อีกทั้งประโยคทำให้เกิดการตอบรับแบบอัตโนมัติในกระบวนการถอดรหัส (Encoding) ทางภาษาศาสตร์สูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

Armstrong, T. (2009). *Multiple intelligences in the classroom*. (3rd ed.). Virginia: ASCD.

Bonhage, C. E., Meyer, L., Gruber, T., Friederici, A. D. & Mueller, J. L. (2017). Oscillatory EEG dynamics underlying automatic chunking during sentence processing. *NeuroImage, 152*(1), 647-657.

Budrina, E. G. (2017). Gender Characteristics of Intelligence and academic achievement of younger school children. *Procedia–Social and Behavioral Sciences*, *237*(1), 1390-1397.

Castejon, J. L., Perez, A. M., & Gilar, R. (2010). Confirmatory factor analysis of project spectrum activities. A second-order g factor or multiple intelligences?. *Intelligence*, *38*(5), 481-496.

Cavojova, V., & Mikuskova, E. B. (2015). Does intelligence predict academic achievement? Two case studies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *174*(1), 3462-3469.

Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, *35*(1), 13-21.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An applied guide to research designs: quantitative, qualitative, and mixed methods*. (2nd ed.). Thounsand Oaks: SAGE Publications.

Gagol, A., Magnuski, M., Kroczek, B., Kałamała, P., Ociepka, M., Santarnecchi, E., & Chuderski, A. (2018). Delta-gamma coupling as a potential neurophysiological mechanism of fluid intelligence. *Intelligence*, *66*, 54-63.

Gardner, H. (2011). Frames of mind: The theory of multiple intelligences. New York: Basic Books.

Kang, J. S., Ojha, A.,Lee, G. & Lee, M. (2017). Difference in brain activation patterns of individuals with high and low intelligence in linguistic and visuo-spatial tasks: An EEG study. Intelligence, *61*(1), 47-55.

Kartiah, S. R., Rahman M. A., Rahman A. Q., & Jabu B. (2014). The portrayal of multiple intelligence theory in English teaching strategy for Indonesian secondary school. *Journal of Language Teaching and Research*, *5*(5), 1052-1061.

Kykalova, M., & Vasilyeva, E. A. (2015). On the problem of categorizing students based on their cognitive styles and teaching strategies. *Procedia–Social and Behavioral Science*, *176*(1), 578-587.

Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, *13*(2), 125-139.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge university press.

Mcglynn, B. K., & Kozlowski, J. (2017). Going from macro to micro in the classroom. *Science for All*, 66-68.

Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2014). Playing a puzzle video game with changing requirements improves executive functions. *Computers in Human Behavior*, *37*(1), 216-228.

Parviz, M., & Gorjian, B. (2014). The role of iranian students' gender in using email writing linguistic features. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *98*(1), 1417-1421.

Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized Low-Resolution Brain Electromagnetic Tomography (sLORETA): Technical Details. *Methods and Findings in Experimental Clinical Pharmarcology*, *24*(1), 5-12.

Penolazzi, B., Angrilli, A. & Job, R. (2009). Gamma EEG activity induced by semantic violation during sentence reading. *Neuroscience Letters, 465*(1), 74-78.

Prensky, M. (2007). *Digital game-based learning*. New York: McGraw-Hill.

Raven, J. (1986). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. Research Supplement No.3. London: Lewis & Co, Ltd.

Sajjadi, P., Vlieghe, J., & De Troyer, O. (2016). *Relation between multiple intelligence and game preferences: An evidence-based approach*. *Proceedings of The 10th European Conference on Games Based Learning,* 565-574.

Shearer, C. B., & Karanian, J. M. (2017). The neuroscience of intelligence: Empirical support for the theory of multiple intelligences?. *Trends in Neuroscience and Education*, *6*(1), 211-223.

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instruction effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, *64*(1), 489-528.

Soares, D. L., Lemos, G.C., Primi, R. & Almeida, L. S. (2015). The relationship between intelligence and academic achievement through out middle school: The role of students' prior academic performance. *Learning and Individual Differences*, *41*(1), 73-78.

Storek, J., & Furnham, A. (2012). Gender and gender role differences in domain-Masculine Intelligence and Beliefs about Intelligence: A study with Mensa UK members. *Personality and Individual Differences*, *53*(7), 890-895.

Suh, Y. A., & Yim, M. (2018). "High risk non-initiating insider" identification based on EEG analysis for enhancing nuclear security. *Annals of Nuclear Energy, 113*(1), 308-318.

Systad, S., Bjornvold, M., Markhus, R., & Lyster, S. H. (2017). Watch the language! Language and linguistic–cognitive abilities in children with nocturnal epileptiform activity. *Epilepsy & Behavior*, *66*(1), 10-18.

Tarbetsky, A. L., Collie, R. J., & Martin, A. J. (2016). The role of implicit theories of intelligence and ability in predicting achievement for indigenous (Aboriginal) Australian students. *Contemporary Educational Psychology*, *47*(1), 61-71.

Trans Cranial Technologies. (2012). *Cortical Functions Reference*. Wanchai: Trans Cranial Technologies ltd.

Verhoeven, L., & Leeuwe, J. (2011). Role of gender and linguistic diversity in word decoding development. *Learning and Individual Differences*, *21*(1), 359-367.

Zhong, N., Khurana, V., Kumar, P., Saini, R., & Roy, P. P. (2018). EEG based word familiarity using features and frequency bands combination. *Cognitive Systems Research, 49*(1), 33-48.

Zulkiply, N., Adruce, S. A. Z., Ghani, K. A., & Chen, P. L. (2008). Gender and educational stream differences in memory retention for verbal and non-verbal tasks. *The International Journal of Learning*, *15*(3), 221-225.