

โปรแกรมการออกกำลังกายผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาเพื่อส่งเสริมหน้าที่บริหาร จัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

วรรณวิภา หงษ์นาคดล^{1,*}, พีร วงศ์อุปราช², ภัทราวดี มากมี³, ยุทธนา จันทะชิน⁴

¹ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา

ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

² ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

^{3,4} ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Received: 1 September 2024

Revised: 30 October 2024

Accepted: 30 October 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญา(ICLE) ต่อหน้าที่บริหารจัดการสมอง(Executive Function: EF) และทักษะการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี อายุ 19-21 ปี จำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรม ICLE และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึก กลุ่มละ 25 คน โดยการสุ่มแบ่งกลุ่มรายคน (Randomized Control Trials) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) โปรแกรม ICLE 2) แบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ 3) กิจกรรมทดสอบทางคอมพิวเตอร์ Psychology Experiment Building Language (PEBL) ที่วัด EF ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การปรับเปลี่ยนความคิด ความจำขณะทำงาน และการยับยั้งชั่งใจ และ 4) แบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรม ICLE แบบฝึกและแบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ได้ค่า S-CVI เท่ากับ 0.93, 1.00, และ 1.00 ตามลำดับ โดยอาสาสมัครออกกำลังกายตามครุฝึกใน 6 กิจกรรม (ได้แก่ เดิน วิ่ง กระโดด แอโรบิก ซุมบ้า และมวย) และทำแบบฝึกภาษาอังกฤษหลังออกกำลังกายทั้งหมด 12 ครั้ง ครั้งละ 45 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัย พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีความจำขณะทำงานและการยับยั้งชั่งใจดีขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม ($F = 29.616, p = .000$ และ $F = 35.810, p = .000$ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .001$ รวมทั้งใช้เวลาในการตอบสนองต่อความจำขณะทำงานและการยับยั้งชั่งใจที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($F = 24.968, p = .000$ และ $F = 19.689, p = .000$ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .001$ และมีทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($F = 13.758, p = .001$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการออกกำลังกายผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทั้งหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถนำไปปรับใช้เป็นแนวทางกำหนดนโยบายบูรณาการการออกกำลังกายเข้ากับวันเรียนภาษาปกติ หรือก่อนช่วงเตรียมสอบ ในการพัฒนาทักษะทางภาษา ปัญญา และการเรียนรู้ต่อไป

คำสำคัญ: การออกกำลังกายคาร์ดิโอ หน้าที่บริหารจัดการสมอง ทักษะภาษาอังกฤษ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: whongnaphadol@gmail.com

Effects of Integrated Cognitive, Linguistic, and Exercise Program on Executive Function and English Reading Skills of Undergraduate Students

Wanvipha Hongnaphadol^{1,*}, Peera Wongupparaj²,

Patrawadee Makmee³, Yootana Janthakhin⁴

¹ Doctor of Philosophy Program in Research and Statistics in Cognitive Science,

Department of Research and Applied Psychology,

Faculty of Education, Burapha University

² Department of Psychology, Faculty of Humanities and Social Sciences,

Burapha University

^{3,4} Department of Research and Applied Psychology, Faculty of Education,

Burapha University

Received: 1 September 2024

Revised: 30 October 2024

Accepted: 30 October 2024

Abstract

This experimental research aimed to study the effects of an Integrated Cognitive, Linguistic, and Exercise (ICLE) program on Executive Function (EF) and English reading skills of undergraduate students. The sample consisted of 50 undergraduate students aged 19-21 years, randomly assigned into an experimental group receiving the ICLE program and a control group receiving no training, with 25 participants in each group. The research instruments included: 1) ICLE program, 2) English reading skill exercises, 3) Psychology Experiment Building Language (PEBL) computerized test measuring three aspects of EF: shifting, working memory, and inhibition, and 4) English reading test. The content validity of the ICLE program, English exercises, and English reading test was evaluated by five experts, yielding S-CVI values of 0.93, 1.00, and 1.00, respectively. Participants exercised following instructors in six activities (walking, running, jumping, aerobics, Zumba, and boxing) and completed English exercises post-exercise, totaling 12 sessions of 45 minutes each, three times per week. Data were analyzed using Two-way Repeated Measures ANOVA. Results showed that post-intervention the experimental group demonstrated significantly improved working memory and inhibition ($F = 29.616$, $p = .000$ and $F = 35.810$, $p = .000$ respectively) at $p < .001$ level, and exhibited significantly shorter reaction times in working memory and inhibition tasks compared to the control group ($F = 24.968$, $p = .000$ and $F = 19.689$, $p = .000$ respectively) at $p < .001$ level.

Furthermore, their English reading skills were significantly higher than those of the control group ($F = 13.758$, $p = .001$) at $p < .05$ level. These findings indicate that the ICLE program effectively enhances both executive function and English reading skills in undergraduate students, suggesting its potential integration into regular language learning sessions or pre-examination periods to promote language, cognitive, and learning skills development.

Keywords: Cardio exercise, Executive function, English language skills

* Corresponding Author, E-mail: whongnaphadol@gmail.com

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หน้าที่บริหารจัดการสมอง (Executive function: EF) เป็นกระบวนการทำงานของสมองบริเวณสมองส่วนหน้า (Prefrontal Cortex) (Funahashi & Andreau, 2013) ซึ่งมีความสำคัญต่อพฤติกรรมที่มุ่งไปสู่เป้าหมายและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ (Diamond, 2013) หน้าที่บริหารจัดการสมองประกอบด้วย การปรับเปลี่ยนทางความคิด ความจำขณะทำงาน และการยับยั้งชั่งใจ (Miyake et al., 2000) นอกจากนี้ หน้าที่บริหารจัดการสมองยังเกี่ยวข้องกับความใส่ใจ (Attentional monitoring) การปรับเปลี่ยนทางความคิด (Shifting) การวางแผนการปฏิบัติ (Planning) และการแก้ปัญหา (Problem-solving) เป็นต้น (Stone & Pili-Moss, 2016; Miyake et al., 2000; Diamond, 2013) จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นล้วนเป็นทักษะที่สำคัญต่อความสำเร็จในชีวิต เช่น ด้านการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ ดังปรากฏความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่บริหารจัดการสมองกับทักษะทางวิชาการ เช่น การใช้เหตุผล การอ่าน และคณิตศาสตร์ (Best et al., 2011)

หน้าที่บริหารจัดการสมองมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ภาษา โดยเฉพาะด้านคำศัพท์ โครงสร้างประโยคใหม่ ๆ และการอ่าน ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีองค์ประกอบที่หลากหลายในการใช้ทั้งความรู้ของกระบวนการทางปัญญาและภาษา (McNeil, 2012) การเรียนรู้ภาษาต้องพึ่งพาหน้าที่บริหารจัดการสมองในการเลือกความสนใจ แก่ความสับสน และประเมินกระบวนการที่เกิดขึ้นในขณะเดียวกัน เช่น ความจำขณะทำงาน (Working memory: WM) ความจำระยะยาว (Long-term memory) ความจำเชิงประกาศหรือความจำที่เรียกคืนโดยใช้ความคิดระดับสูง (Declarative memory) สำหรับการเรียนรู้คำศัพท์ และความจำเชิงกระบวนการ (Procedural memory) สำหรับการเรียงลำดับคำและกฎโครงสร้างของประโยค (Ullman et al., 2005) จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่บริหารจัดการสมองกับความสามารถในการใช้ภาษา โดยผู้เรียนภาษาที่สอง (Second language; L2) มีการทำงานของสมองเพิ่มขึ้นในส่วนต่าง ๆ เช่น dorsolateral prefrontal cortex เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ใช้ภาษาที่หนึ่ง ผู้เรียน L2 มีพัฒนาการของหน้าที่บริหารจัดการสมองและผลการเรียนดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้เพียงหนึ่งภาษาทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ (Stone & Pili-Moss, 2016) โดยการพัฒนาความจำขณะทำงานและการระลึกคำศัพท์อัตโนมัติและรูปแบบคำภาษาอังกฤษมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการเรียนรู้ภาษา

ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษถือเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในแง่การเข้าถึงองค์ความรู้ เนื่องด้วยตำรา บทความวิชาการ งานวิจัยส่วนใหญ่ ความรู้ใหม่ๆ และนวัตกรรมมักถูกเผยแพร่เป็นภาษาอังกฤษ การอ่านเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และยังมีความเชื่อมโยงกับการพัฒนาทางปัญญาเนื่องจากการอ่านส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการคิดขั้นสูงและการพัฒนาความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อน ทั้งนี้ นักศึกษาระดับปริญญาตรีจำเป็นต้องพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษก่อนเข้าสู่ตลาดแรงงาน สอดคล้องกับนโยบายการยกระดับมาตรฐานภาษาอังกฤษของบัณฑิตในระดับอุดมศึกษาให้อยู่ในระดับ B2 ตามกรอบมาตรฐานสากลที่ใช้อธิบายระดับความเชี่ยวชาญทางภาษา (Common European Framework of Reference for Languages: CEFR) (Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, 2024) อีกทั้ง ยังเป็นกลุ่มที่มีความสมบูรณ์ของร่างกายที่เอื้อต่อการออกกำลังกายแบบคาร์ดิโอที่มีความเข้มข้นระดับปานกลาง โดยมีระบบประสาทและกล้ามเนื้อพัฒนาเต็มที่ เหมาะกับการทำกิจกรรมที่ต้องใช้การประสานงานระหว่างสมองและร่างกาย แม้จะมีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายต่อหน้าที่บริหารจัดการสมองและบทบาทของหน้าที่บริหารจัดการสมองที่มุ่งไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ภาษาและกระบวนการทางปัญญา แต่การศึกษาที่

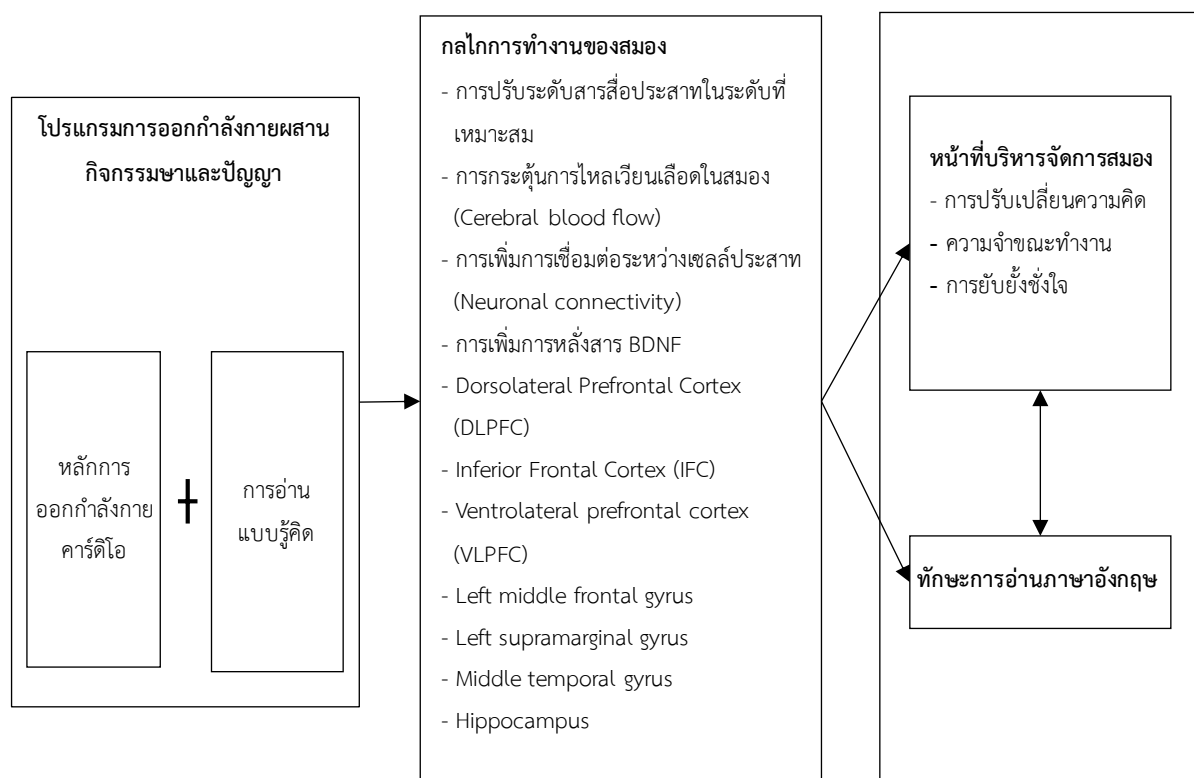
ผ่านมาส่วนใหญ่มักใช้การออกกำลังกายแค่หนึ่งประเภทกิจกรรม เช่น วิ่งลู่วิ่ง หรือปั่นจักรยานวัดงานในการเรียนรู้ภาษาระดับคำศัพท์ซึ่งใช้กระบวนการทางปัญญาไม่ซับซ้อนมาก และเน้นการพัฒนาความจำในกลุ่มผู้เรียน จะเห็นได้ว่า การศึกษาบูรณาการการพัฒนาหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาที่สองซึ่งเป็นกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง ร่วมกับการออกกำลังกายแบบคาร์ดิโอหลายรูปแบบกิจกรรมที่เน้นการใช้กระบวนการทางสมองและประสาทสัมผัสหลายส่วนในการฝึกโดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาในระดับปริญญาตรีนั้นยังมีจำกัด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายผสมผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาที่มีต่อหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยเปรียบเทียบความสามารถของหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายผสมผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาและกลุ่มควบคุม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

โปรแกรมออกกำลังกายผสมผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาที่พัฒนาจากหลักการออกกำลังกายแบบคาร์ดิโอที่กระตุ้นการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด และการทำงานของเครือข่ายสมอง ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มหน้าที่การบริหารจัดการสมองส่วนหน้าและหลักการการอ่านแบบรู้คิด ที่ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ภาษาอันเกิดจากกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง ทำให้เกิดการพัฒนามาหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะภาษาอังกฤษ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรีอายุ 19-21 ปี ปีการศึกษา 2566 มหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐแห่งหนึ่งจังหวัดชลบุรี รวมทั้งหมด 3,410 คน

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนักศึกษาระดับปริญญาตรี อายุ 19-21 ปี ปีการศึกษา 2566 มหาวิทยาลัยรัฐบาลแห่งหนึ่งจังหวัดชลบุรี จำนวน 50 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างรายคนเข้ากลุ่มด้วยการจับฉลากแบบไม่คืนที่กลุ่มละ 25 คน โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria) มีดังนี้ 1. เป็นนิสิตในหลักสูตรภาษาไทย อายุระหว่าง 19-21 ปี ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่หนึ่ง 2. มีสุขภาพแข็งแรง และไม่มีโรคประจำตัว 3. มีค่าดัชนีมวลร่างกาย (Body Mass Index: BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติระหว่าง 18.5-22.9 4. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ หรือเจ็บป่วยทางระบบประสาท หรือใช้ยาจิตเวชที่ส่งผลกระทบต่อระบบประสาท และผลคะแนนคัดกรองภาวะซึมเศร้าอยู่ระหว่าง 0-6 คะแนน 5. เป็นผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ พิจารณาจากเกณฑ์การออกกำลังกายสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 50 นาที 6. สามารถอ่านภาษาอังกฤษได้ โดยมีทักษะภาษาอังกฤษ (CEFR) ระดับ A1-B1

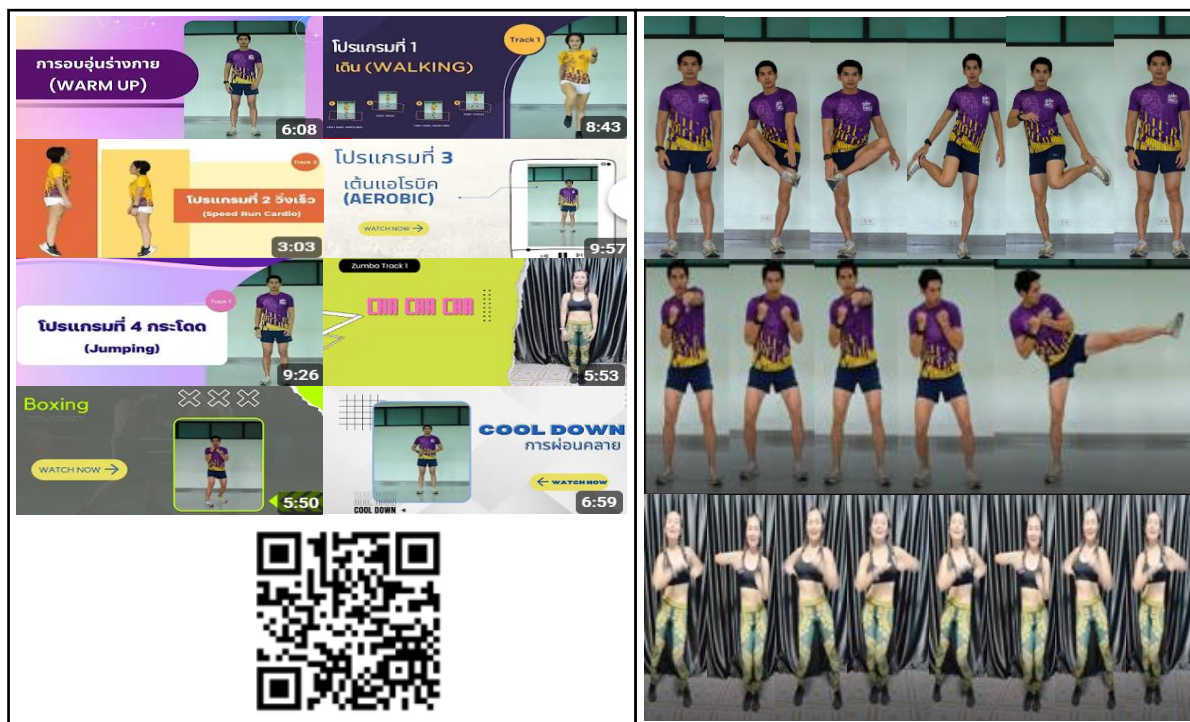
เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมการทดลอง เป็นแบบสอบถามคุณลักษณะทั่วไปของนักศึกษาปริญญาตรี ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับเพศ อายุ BMI โรคประจำตัว ประวัติการบาดเจ็บที่ศีรษะ การเจ็บป่วยทางระบบประสาท การใช้ยาจิตเวช การมองเห็น ประวัติการออกกำลังกายในอดีตและปัจจุบัน การคัดกรองภาวะซึมเศร้า มีทักษะภาษาอังกฤษ ระดับ A1-B1 (CEFR) และแบบทดสอบการมองเห็น ประกอบด้วย แบบทดสอบตาบอดสี และแบบทดสอบความคมชัดในการมองเห็นด้วยโปรแกรมแฟรคท์ (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test: FrACT) ซึ่งเป็นโปรแกรมทดสอบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถทดสอบได้ด้วยตนเอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ โปรแกรมการออกกำลังกายผสมกิจกรรมทางภาษาและปัญญา (Integrated Cognitive, Linguistic, and Exercise Program: ICLE) ประกอบด้วย

(1) ชุดท่าออกกำลังกายคาร์ดิโอความเข้มข้นแบบปานกลาง (Moderate-intensity) ทั้ง 6 กิจกรรม ได้แก่ เดิน วิ่ง กระโดด แอโรบิก มวย และซุมบ้า กิจกรรมละ 40 นาที (อบอุ่นร่างกาย 5 นาที-กิจกรรมออกกำลังกายประจำวัน 30 นาที-ยืดเหยียดร่างกาย 5 นาที) และแบบฝึกภาษาอังกฤษหลังออกกำลังกาย (ใช้เวลาทำประมาณ 10 นาที) โดยอาสาสมัครสามารถสแกน QR code เพื่อศึกษาและทบทวนชุดท่าออกกำลังกายทั้ง 6 กิจกรรมผ่านทางคลิป YouTube ของผู้วิจัย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 คลิปโปรแกรมการออกกำลังกายผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญา (ICLE) ทั้ง 6 กิจกรรม

(2) ชุดแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษในหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ภาษาในชีวิตประจำวัน ได้แก่ การเดินทาง เทคโนโลยี การซื้อของ การทานอาหารนอกบ้าน การท่องเที่ยว การเดินป่า การพบแพทย์ที่โรงพยาบาล และการสมัครงาน ใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 (คำศัพท์) การเลือกคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด ระดับที่ 2 (ประโยค) การเลือกคำศัพท์หรือวลีเพื่อเติมลงในช่องว่างให้ได้ใจความที่สมบูรณ์โดยอ่านเนื้อหาที่กำหนดให้ และระดับที่ 3 (ย่อหน้า) อ่านข้อความเพื่อเน้นหาสิ่งที่โจทย์ต้องการแล้วนำไปหาคำตอบนั้น ๆ จากเนื้อหาที่จำลองสถานการณ์ในชีวิตจริง จากนั้นเลือกคำตอบข้อที่ถูกที่สุด โดยดูจากคำสำคัญ คำขยายที่อธิบายข้อมูลเพิ่มเติม ใจความสำคัญในบริบทแวดล้อม เพื่อให้เกิดความเข้าใจ คิด และวิเคราะห์เพื่อตีความหรือสรุปใจความเพื่อหาคำตอบ โดยให้ทำแบบฝึกดังกล่าวใน Microsoft Forms ผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต หลังจากอาสาสมัครพักจากการออกกำลังกายประมาณ 5 นาที

(3) เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรตาม ประกอบไปด้วย เครื่องมือการวัดความสามารถหน้าที่บริหารจัดการสมอง (EF) และแบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษ

- การวัดความสามารถด้าน EF ประกอบไปด้วยการทดสอบทั้ง 3 องค์ประกอบจากโปรแกรม PEBL บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การทดสอบการทำงานของสมองด้านการปรับเปลี่ยนความคิด (Shifting) โดยการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขสิ่งกระตุ้น ด้วยกิจกรรม Berg Card Sorting Test-64 (BCST) ด้านความจำขณะทำงาน (Working memory: WM) ด้วยกิจกรรม Digit Span (Backward) และด้านการยับยั้งต่อการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง (Inhibition) ด้วยกิจกรรม Stroop Color-Word Task โดยค่าที่ใช้วัดการทดสอบการทำงานของสมองทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ คะแนนความถูกต้อง และเวลาการตอบสนองขณะทำกิจกรรม

- แบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษ ได้รับการดัดแปลงจากแบบทดสอบ TOEIC Bridge ที่มีความตรงเชิงเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ ค่า Reliability (Test-retest) หาอำนาจจำแนกความยากง่ายของแบบทดสอบ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นข้อสอบชุดเดียวกันที่มีการสลับข้อคำถาม โดยข้อคำถามทั้งหมดวัดทักษะการอ่านตั้งแต่การใช้ไวยากรณ์ คำศัพท์ และการอ่านเพื่อความเข้าใจในระดับย่อหน้า

วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองอย่างแท้จริง และใช้แบบแผนการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม โดยมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Randomized pretest-posttest control group design) วิธีแบ่งกลุ่มการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial: RCT) ตามชั้นปีที่ศึกษา เพศ คณะ สาขา ภาษาอังกฤษ การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการกำหนดค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ .4 ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในการทดสอบแบบทางเดียวประเภทที่หนึ่ง .05 และค่าอำนาจการทดสอบ .80 กำหนดค่า F-tests และ Statistical test เป็น ANOVA: Repeated measures (G*Power) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 22 คน เพื่อป้องกันการขาดหายไปของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการทดลอง จึงเก็บขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คนต่อกลุ่ม รวมทั้งหมด 50 คน แล้วสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 25 คน (McMillan & Schumacher, 2010) โดยดำเนินการทดลอง 3 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะก่อนการทดลอง เป็นการวัดผลของตัวแปรตามก่อนการทดลอง (Pretest) ได้แก่ หน้าที่บริหารจัดการสมอง และการทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ กับกลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการ ณ มหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐแห่งหนึ่ง จังหวัดชลบุรี (2) ระยะทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายผานกิจกรรมทางภาษาและปัญญา โดยฝึกออกกำลังกายตามครูฝึกที่ได้รับการรับรอง (Certified training coach) โดยในแต่ละวันจะฝึก เดิน วิ่ง กระโดด แอโรบิก มวย และซุมบ้า ประเภทกิจกรรมละครั้ง ครั้งละ 45 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สลับกันไปจนครบ 12 ครั้ง ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้รับการออกกำลังกาย จะดำเนินชีวิตตามปกติ และ (3) ระยะหลังการทดลอง เป็นการวัดผลของตัวแปรตามหลังการทดลอง (Posttest) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบเดิมที่ใช้ในการวัดผลในระยะก่อนการทดลอง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ 1) โปรแกรมการออกกำลังกายผานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาในประเด็นคู่มือการใช้งานโปรแกรม ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม เนื้อหาของโปรแกรม มีค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI) เท่ากับ 0.93 2) ชุดแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษในบริบทของการใช้ภาษาในชีวิตประจำวันและบริบททางธุรกิจตามกรอบมาตรฐาน (CEFR) และ 3) แบบทดสอบทักษะการอ่านภาษาอังกฤษมีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (S-CVI) เท่ากับ 0.93, 1.00, และ 1.00 ตามลำดับ แสดงว่า โปรแกรม ICLE เพื่อเพิ่มหน้าที่การบริหารจัดการของสมองในนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชุดแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ และแบบทดสอบทักษะการอ่านภาษาอังกฤษมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดทักษะการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจ มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้

2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากนิสิตระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อการตรวจสอบหาความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบทักษะการอ่านภาษาอังกฤษที่สร้างขึ้น โดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบเดิม (Test-Retest Method) และนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ข้อคำถามต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.2

หลังจากนั้นผู้วิจัยคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบด้วยวิธีสอดคล้องภายใน (Internal consistency) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลการตรวจสอบพบว่า ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.936 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 แสดงว่า แบบทดสอบทักษะการอ่านภาษาอังกฤษนี้สามารถนำไปใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างโดย 1) ขอรับอนุมัติการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฯ (รหัสโครงการวิจัยเลขที่ G-HU242/2566) 2) ประกาศและประชาสัมพันธ์ในมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ จังหวัดชลบุรี เพื่อเปิดรับอาสาสมัครมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 3) นัดหมาย ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยและเอกสารชี้แจงการเข้าร่วมการวิจัย 4) อาสาสมัครกรอกแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และกรอกแบบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยการเข้าร่วมการวิจัยจะไม่มีข้อผูกพันกับผลการเรียน 5) เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 50 คน สุ่มการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial: RCT) ได้กลุ่มตัวอย่างที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรม ICLE จำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกจำนวน 25 คน 6) จัดทำตารางนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อมาชี้แจงก่อนทดลอง 7) ชี้แจงสิทธิในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยขั้นตอนการดำเนินงานกิจกรรมทั้งหมด ทั้งการเตรียมตัวในระยะก่อนทดลอง ระหว่างทดลองและหลังทดลอง ขอความร่วมมืองดเข้าร่วมกิจกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการส่งเสริมหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ เพื่อควบคุมความตรงภายใน นัดหมายวันเวลาเพื่อดำเนินการทดลองและเพื่อดำเนินการประเมินข้อมูลตัวแปรตาม หลังสิ้นสุดการทดลองและ 8) ดำเนินการทดลองและฝึกด้วยโปรแกรม ICLE

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปด้วยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมฝึก ICLE และกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way Repeated Measures ANOVA) ซึ่งได้นำข้อมูลไปตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานของความเบ้ มีค่าน้อยกว่า 3 และค่าสัมประสิทธิ์คะแนนมาตรฐานของความโด่งน้อยกว่า 10 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Kline, 2011) และวิเคราะห์ความเท่าเทียมกันของค่าพารามิเตอร์ที่ประเมินด้วยสถิติ Box's Test of Equality of Covariance Matrices พบว่า ค่า $p > 0.05$ แสดงว่า ตัวแปรของทั้ง 2 กลุ่มมีความแปรปรวนร่วมไม่แตกต่างกัน และทดสอบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนก่อนกับหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบ Levene's Test พบว่า ค่า $p > 0.05$ แสดงว่า มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนก่อนกับหลังการทดลองไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองหน้าที่บริหารจัดการสมอง และคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองหน้าที่บริหารจัดการสมอง และคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรมออกกำลังกายผลานกิจกรรมทางภาษาและปัญญา (ICLE) กับกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way Repeated Measures ANOVA) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองหน้าที่บริหารจัดการสมอง และคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษก่อนและหลังการทำกิจกรรมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตัวแปรตาม		SS	df	MS	F	p	η^2
การปรับเปลี่ยนความคิด							
คะแนนความถูกต้อง (คะแนน)	วิธีการทดลอง	9.610	1	9.610	.358	.552	.007
	ช่วงเวลา	445.210	1	445.210	74.773	.000***	.609
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	18.490	1	18.490	3.105	.084	.061
เวลาการตอบสนอง (มิลลิวินาที)	วิธีการทดลอง	205162.797	1	205162.797	3.768	.058	.073
	ช่วงเวลา	519776.112	1	519776.112	21.399	.000***	.308
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	85600.131	1	85600.131	3.524	.067	.068
ความจำขณะทำงาน							
คะแนนความถูกต้อง (คะแนน)	วิธีการทดลอง	38.440	1	38.440	20.205	.000***	.296
	ช่วงเวลา	309.760	1	309.760	162.960	.000***	.772
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	49.000	1	49.000	25.778	.000***	.349
เวลาการตอบสนอง (นาทีก)	วิธีการทดลอง	1.188	1	1.188	6.505	.014*	.119
	ช่วงเวลา	16.484	1	16.484	91.682	.000***	.656
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	3.126	1	3.126	17.386	.000***	.266
การยับยั้งชั่งใจ							
คะแนนความถูกต้อง (คะแนน)	วิธีการทดลอง	96.040	1	96.040	29.973	.000***	.384
	ช่วงเวลา	104.040	1	104.040	30.091	.000***	.385
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	25.000	1	25.000	7.231	.010*	.131
เวลาการตอบสนอง (มิลลิวินาที)	วิธีการทดลอง	94577.776	1	94577.776	4.715	.035*	.089
	ช่วงเวลา	135011.419	1	135011.419	4.341	.043*	.083
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	388968.011	1	388968.011	12.505	.001**	.207
ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ							
การทดสอบทักษะการ อ่าน (คะแนน)	วิธีการทดลอง	127.690	1	127.690	4.911	.031*	.093
	ช่วงเวลา	1624.090	1	1624.090	290.969	.000***	.858
	วิธีการทดลองกับช่วงเวลา	114.490	1	114.490	20.512	.000***	.299

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

1) การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองการปรับเปลี่ยนความคิด (Shifting) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม การเปรียบเทียบการปรับเปลี่ยนความคิดด้วยกิจกรรมทดสอบ BCST พบว่า คะแนนความถูกต้องระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($\text{Group}_{\text{BCST (AC)}} : F = .358, p = .552$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Time}_{\text{BCST (AC)}} : F = 74.773, p = .000, \eta^2 = .609$) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อคะแนนความถูกต้อง ($\text{Group} \times \text{Time}_{\text{BCST (AC)}} : F = 3.105, p = .084$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.1

ส่วนเวลาการตอบสนองการปรับเปลี่ยนความคิดระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกัน ($\text{Group}_{\text{BCST (RT)}} : F = 3.768, p = .058$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Time}_{\text{BCST (RT)}} : F = 21.399, p = .000, \eta^2 = .308$) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อเวลาการตอบสนอง ($\text{Group} \times \text{Time}_{\text{BCST (RT)}} : F = 3.524, p = .067$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.2

2) การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องความจำขณะทำงานและเวลาการตอบสนอง

ความจำขณะทำงาน (Working Memory) การเปรียบเทียบความจำขณะทำงานด้วยกิจกรรมทดสอบ Digit span (backward) ระหว่างกลุ่ม พบว่า คะแนนความถูกต้องความจำขณะทำงานระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Group}_{\text{Dspan (AC)}} : F = 20.205, p = .000, \eta^2 = .296$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Time}_{\text{Dspan (memory span)}} : F = 162.960, p = .000, \eta^2 = .772$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อคะแนนความถูกต้องความจำขณะทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Group} \times \text{Time}_{\text{Dspan (AC)}} : F = 25.778, p = .000, \eta^2 = .349$) โดยที่คะแนนความถูกต้องความจำขณะทำงานก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($F = .371, p = .545$) ในขณะที่หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องความจำขณะทำงานสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 29.616, p = .000$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.3

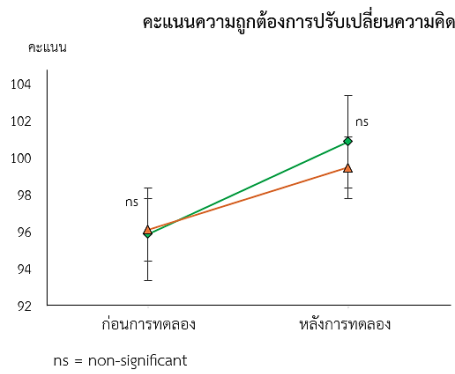
ส่วนเวลาการตอบสนองระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง ($\text{Group}_{\text{Dspan (RT)}} : F = 6.505, p = .014, \eta^2 = .119$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Time}_{\text{Dspan (RT)}} : F = 91.682, p = .000, \eta^2 = .656$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อเวลาการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Group} \times \text{Time}_{\text{Dspan (RT)}} : F = 17.386, p = .000, \eta^2 = .266$) โดยที่เวลาการตอบสนองก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($F = 1.156, p = .288$) ในขณะที่หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีเวลาการตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ($F = 24.968, p = .000$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.4

3) การเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองการยับยั้งชั่งใจ (Inhibition) การเปรียบเทียบการยับยั้งชั่งใจด้วยกิจกรรมทดสอบ Stroop color-word ระหว่างกลุ่ม พบว่า คะแนนความถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Group}_{\text{Stroop (AC)}} : F = 29.973, p = .000, \eta^2 = .384$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ($\text{Time}_{\text{Stroop (AC)}} : F = 30.091, p = .000, \eta^2 = .385$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อคะแนนความถูกต้องการยับยั้งชั่งใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลระดับอยู่ใน

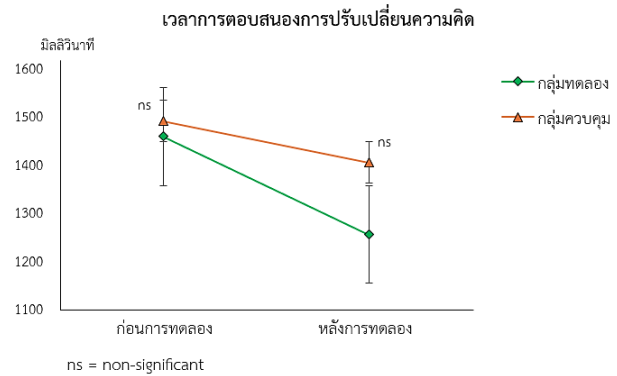
ระดับปานกลาง (Group x Time Stroop (AC): $F = 7.231, p = .010, \eta^2 = .131$) โดยที่คะแนนความถูกต้องการยับยั้งชั่งใจก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($F = 3.197, p = .080$) ในขณะที่หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนความถูกต้องการยับยั้งชั่งใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ($F = 35.810, p = .000$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.5

ส่วนเวลาการตอบสนองระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับต่ำ (Group Stroop (RT) : $F = 4.715, p = .035, \eta^2 = .089$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับต่ำ (Time Stroop (RT) : $F = 4.341, p = .043, \eta^2 = .083$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อเวลาการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง (Group x Time Stroop (RT) : $F = 12.505, p = .001, \eta^2 = .207$) โดยที่เวลาการตอบสนองการยับยั้งชั่งใจก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($F = 1.715, p = .197$) ในขณะที่หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีเวลาการตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) ($F = 19.689, p = .000$) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 3.6

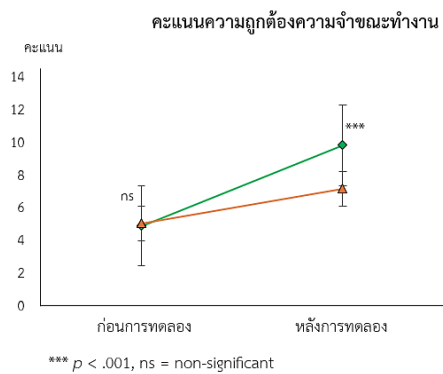
4) การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ (English reading skills) การเปรียบเทียบคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษด้วยแบบทดสอบการอ่านภาษาอังกฤษ ระหว่างกลุ่ม พบว่า คะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง (Group Eng (Score) : $F = 4.911, p = .031, \eta^2 = .093$) ส่วนช่วงเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง (Time Eng (Score) : $F = 290.969, p = .000, \eta^2 = .858$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับช่วงเวลาต่อคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลระดับสูง (Group x Time Eng (Score) : $F = 20.512, p = .000, \eta^2 = .299$) โดยที่คะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($F = .013, p = .910$) ในขณะที่หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะการอ่านภาษาอังกฤษสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ($F = 13.758, p = .001$) ดังตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3.7



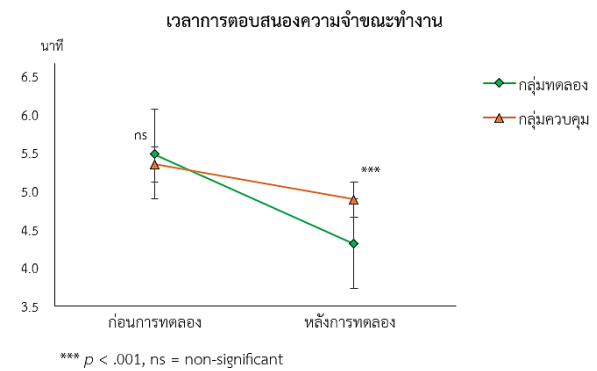
ภาพที่ 3.1



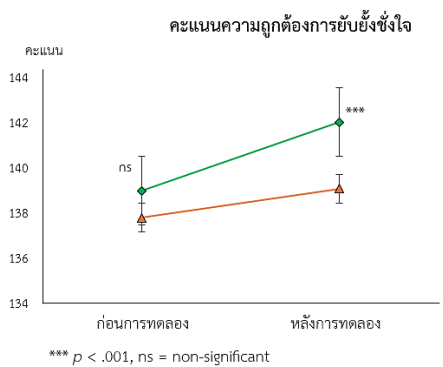
ภาพที่ 3.2



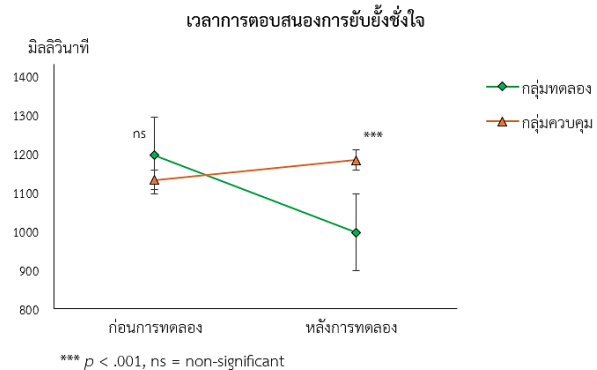
ภาพที่ 3.3



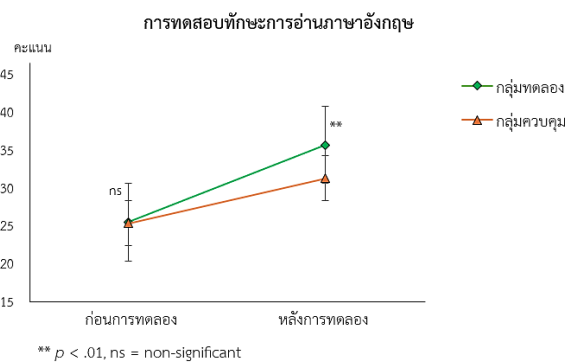
ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3 ผลของโปรแกรม ICLE ต่อหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการอ่าน

อภิปรายผล

1. ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายผานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาต่อหน้าที่บริหารจัดการสมอง

(1) การพัฒนาความจำขณะทำงาน (Working Memory) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรม ICLE มีพัฒนาการด้านความจำขณะทำงานที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งในด้านคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนองที่ดีขึ้น ความจำขณะทำงานที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกโปรแกรม ICLE สอดคล้องกับการศึกษาของ Ludyga et al. (2020) ที่พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกความเข้มข้นปานกลางช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานในวัยรุ่น โดยเฉพาะความจำขณะทำงานที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ระยะและทิศทาง (Visuospatial) และสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ยืนยันว่า การออกกำลังกายช่วยเพิ่มความจำขณะทำงาน ความเร็วในการประมวลผล และการใส่ใจ (Haverkamp et al., 2020; Weng et al., 2015) โดยการออกกำลังกายในเด็กก่อนวัยรุ่น เป็นเวลา 32-42 นาที และในวัยรุ่นและผู้ใหญ่ตอนต้นที่ออกกำลังกายระดับความเข้มข้นปานกลาง ที่ประมาณ 64-95% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ขึ้นไป ติดต่อกันนานเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน (Chaisuwan, et al., 2017) ส่งผลต่อหน้าที่บริหารจัดการสมองด้านความจำ โดยเฉพาะการเรียกคืนความจำที่ใช้นาที (Immediate recall) และการเรียกคืนความจำล่าช้า (Delayed recall) ซึ่งประเมินจากผลของการทดสอบความจำตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digit span backward) ที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการตัดสินใจที่รวดเร็วแสดงให้เห็นในผลช่วงความจำจำนวนตัวเลขที่มากขึ้นและการใช้เวลาจำตัวเลขที่ถูกต้องที่เร็วขึ้น สอดคล้องกับผลต่อการตัดสินใจ วางแผน คงความสนใจ และปรับเปลี่ยนความสนใจที่รวดเร็วขึ้น (Divided attention) (Vestberg et al., 2012) โดยความจำขณะทำงานเป็นตัวทำนายที่สำคัญของการอ่านเพื่อความเข้าใจ ผู้ที่อ่านได้ดีจะมีคะแนนความจำขณะทำงานที่สูงกว่า เมื่อเทียบกับผู้ที่อ่านได้ไม่ดี ซึ่งจะมีประสิทธิภาพด้านคำศัพท์และความจำขณะทำงานที่น้อยกว่า (Follmer, 2018)

การพัฒนาความจำขณะทำงานที่พบในงานวิจัยนี้ อธิบายได้ด้วยกลไกทางสรีรวิทยาหลายประการ เช่น การเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในสมอง (Cerebral Blood Flow: CBF) โดยเฉพาะในบริเวณฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) และการเพิ่มของสารเซโรโทนิน (Serotonin) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้และความจำ (Davis et al., 2011) นอกจากนี้ การออกกำลังกายทำให้เกิดค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Variability: HRV) และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum Volume of Oxygen Consumption: VO₂ max) เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับการทำหน้าที่ของสมองส่วนหน้า ส่งผลต่อกระตุ้นการหลั่งสาร Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเซลล์ประสาทและการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท (Synaptic plasticity) ส่งผลให้ความสามารถในการจดจำและประมวลผลข้อมูลดีขึ้น และสามารถพัฒนาความจำดีกว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย โดยพบว่าความสามารถในความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้นจากการกระตุ้นสมองส่วน Superior frontal cortex (McMorris et al., 2011) ซึ่งสนับสนุนโดยการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography: EEG) ของผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอพบการเปลี่ยนแปลงจากการกระตุ้นสมองดังกล่าว (Boecker & Drzezga, 2016) พบการเพิ่มระดับ BDNF ในสมองซึ่งมีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองที่ดีขึ้น และอาจช่วยเพิ่มหน้าที่บริหารจัดการสมอง (Thayer et al., 2009) ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานทางปัญญาที่ซับซ้อนมากขึ้นและการตัดสินใจ ส่งผลให้มีเวลาการตอบสนอง (Reaction time: RT) และมีคะแนนความ

ถูกต้องในการทดสอบความจำขณะทำงานหลังการทดลองดีขึ้น แสดงให้เห็นถึงการทำงานของสมองที่ประมวผลรวดเร็วขึ้น

(2) การพัฒนาด้านการยับยั้งชั่งใจ (Inhibition) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับ

โปรแกรม ICLE มีพัฒนาการด้านการยับยั้งชั่งใจที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งในด้านคะแนนความถูกต้องและเวลาการตอบสนอง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Thayer et al. (2009) ที่พบว่า การออกกำลังกายช่วยเพิ่มระดับ BDNF ในสมองที่ช่วยเพิ่มหน้าที่บริหารจัดการสมอง ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานทางปัญญาที่ซับซ้อนมากขึ้นและการตัดสินใจ ส่งผลให้มีเวลาการตอบสนองและมีคะแนนความถูกต้องในการทดสอบการยับยั้งชั่งใจหลังการทดลองดีขึ้น แสดงให้เห็นถึงการทำงานของสมองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ BDNF และการพัฒนาของวงจรประสาทที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งชั่งใจและควบคุมตนเอง อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Haverkamp et al. (2020) และ Weng et al. (2015) ที่พบว่า การออกกำลังกายช่วยพัฒนาความสามารถในการควบคุมตนเองและการยับยั้งการตอบสนองที่ไม่เหมาะสม หรือความสามารถในการระงับสิ่งเร้าที่รบกวนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือที่ขัดแย้งกัน เช่น การเลิกผัดวันประกันพรุ่ง ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเรียนรู้และการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกทางสรีรวิทยาที่สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ได้พบความสามารถในการยับยั้งชั่งใจและความเร็วในการประมวผลของกลุ่มวัยรุ่นตอนปลายเพิ่มขึ้น (Haverkamp et al., 2020; Weng et al., 2015) จากการกระตุ้นสมองส่วน Dorsolateral Prefrontal Cortex (DLPFC) และ Parietal lobe (Alves et al., 2022) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งชั่งใจและควบคุมพฤติกรรม

(3) ผลต่อการปรับเปลี่ยนความคิด (Shifting) แม้ว่าผลการวิจัยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านการปรับเปลี่ยนความคิด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่พบว่าทั้งสองกลุ่มมีพัฒนาการดีขึ้นหลังการทดลอง โดยถึงแม้คะแนนความถูกต้องของการปรับเปลี่ยนความคิดจะเพิ่มขึ้น แต่การใช้เวลาตอบสนองการปรับเปลี่ยนความคิดก็มากขึ้นเช่นกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองนี้เพียง 4 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นที่พบผลในด้านนี้ ซึ่งมักใช้ระยะเวลาทดลองที่นานกว่า เช่น 13-16 สัปดาห์ต่อเนื่อง (Alves et al., 2022) อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Schmidt et al. (2015) พบว่าการออกกำลังกายแบบผสมผสานสามารถพัฒนาการปรับเปลี่ยนความคิดในเด็กได้แม้จะใช้ระยะเวลาเพียง 6 สัปดาห์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอาจต้องมีการปรับระยะเวลาของโปรแกรม ICLE ให้เพิ่มขึ้นจากเดิม 4 สัปดาห์และอาจปรับความเข้มข้นของโปรแกรมเป็นการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นระดับสูงเพื่อให้เห็นผลชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ อายุของอาสาสมัครที่แตกต่างกันหรือประเภทของแบบวัดหน้าที่บริหารจัดการสมองในด้านที่ศึกษาที่แตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ขัดแย้งกันนี้ ประสิทธิภาพได้ (Alves et al., 2022) ทั้งนี้ การไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านการปรับเปลี่ยนความคิดอาจสะท้อนให้เห็นถึงความซับซ้อนของกระบวนการทางปัญญานี้ ซึ่งอาจต้องการเวลาในการพัฒนามากกว่าองค์ประกอบอื่นของหน้าที่บริหารจัดการสมอง (Diamond, 2013)

2. ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายผสมผสานกิจกรรมทางภาษาและปัญญาต่อทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับโปรแกรม ICLE มีการเพิ่มขึ้นของทักษะการอ่านภาษาอังกฤษที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งยืนยันว่าการออกกำลังกายส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ภาษาที่สอง สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า การบูรณาการการเคลื่อนไหวร่างกายเข้ากับกิจกรรมประจำวันในการดูแลเด็กส่งผลต่อการเพิ่มหน้าที่บริหารจัดการสมองและพัฒนาการด้านภาษาของเด็กปฐมวัย (Olive et al., 2024) และเมื่อบูรณาการการเคลื่อนไหวร่างกายเข้ากับการเรียนรู้ภาษาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้คำศัพท์และไวยากรณ์

ในเด็ก (Mavilidi et al., 2018) อีกทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิกควบคู่กับการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาต่างประเทศ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจดจำคำศัพท์ในระยะยาว (Schmidt-Kassow et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับผลของการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่วัดจากคะแนนความถูกต้องของการจับคู่คำศัพท์-รูปภาพและระยะเวลาการตอบสนองของกลุ่มทดลองนักศึกษาชาวจีนที่ฝึกเชื่อมโยงคำศัพท์กับรูปภาพพร้อมการปั่นจักรยานวัดงานระบบแอโรบิก (Bicycle ergometer) (Fengqin et al., 2015) นอกจากนี้ การผสมผสานการออกกำลังกายและการฝึกทางปัญญาส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของการทำงานรับรู้และการเรียนรู้ (Motor-cognitive dual-task performance) มากกว่าการฝึกเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งในกลุ่มผู้เรียนที่เป็นผู้สูงอายุ (Wollesen & Voelcker-Rehage, 2014) และพบการเพิ่มขึ้นของความจำขณะทำงานและทักษะภาษาต่างประเทศของกลุ่มผู้สูงอายุที่ได้ฝึกปั่นจักรยานแบบนั่ง (Stationary biking) ระหว่างเรียนภาษาต่างประเทศ (Qian et al., 2024)

ผลการวิจัยสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การเพิ่มระดับ BDNF ในสมองนั้นมีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองที่ดีขึ้น ซึ่งอาจช่วยเพิ่มหน้าที่บริหารจัดการสมองที่มีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการอ่านและการเรียนรู้ภาษาโดยเฉพาะในด้านการอ่านเพื่อความเข้าใจ (McNeil, 2012) และยังส่งผลต่อความสำเร็จทางวิชาการ (Ahmed et al., 2019) การเพิ่มขึ้นของทักษะการอ่านภาษาอังกฤษที่พบในงานวิจัยนี้อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพความจำขณะทำงานและการยับยั้งชั่งใจ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการประมวลผลข้อมูลทางภาษา การจดจำคำศัพท์ และการเข้าใจโครงสร้างประโยค (Ullman et al., 2005) ผ่านการจดจำรูปแบบ (Pattern recognition) โดยไม่ต้องมีการสอนโดยตรง (Qian et al., 2024) นอกจากนี้ การออกแบบโปรแกรม ICLE ที่ผสมผสานการออกกำลังกายกับกิจกรรมทางภาษาโดยแนวคิดการอ่านแบบปฐักจากแบบฝึกทักษะการอ่านในโปรแกรมฯ อาจช่วยกระตุ้นการเชื่อมโยงระหว่างการเคลื่อนไหวและการเรียนรู้ภาษา ซึ่งสอดคล้องทฤษฎีการเรียนรู้แบบ Multisensory และ Embodied cognition ที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของสมองขั้นสูงและระบบประสาทการรับรู้การสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor) (Forte et al., 2023) โดยเฉพาะกิจกรรมที่เน้นการประสานงานระหว่างมือ เท้า และสายตา ไปพร้อมกัน (Hand-eye coordination) เช่น แอโรบิก ชุมบ้า และมวย ซึ่งเป็นการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสการเคลื่อนไหว (Motor) การได้ยิน (Auditory) และการมองเห็น (Visual) และจากการฝึกบอกล้อคำศัพท์ในภาษาที่สองในการศึกษาของ Hernandez & Meschyan (2006) พบการทำงานเพิ่มขึ้นของสมองส่วน Dorsolateral prefrontal cortex สอดคล้องกับการฝึกเรียนรู้และเลียนแบบชุดการเคลื่อนไหวที่มีโครงสร้างผ่านอวัยวะรับสัมผัสและการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นเอง (Forte et al., 2023) กล่าวโดยสรุป ผลการวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดที่ว่า การออกกำลังกายมีผลเชิงบวกต่อการทำงานของสมองและการเรียนรู้ โดยเฉพาะเมื่อผสมผสานกับกิจกรรมทางปัญญาและภาษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Moreau & Conway (2013) ที่พบว่าการฝึกที่ผสมผสานการออกกำลังกายกับการฝึกทางปัญญา (Combined physical and cognitive training) มีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกแต่ละด้านแยกกัน ในการพัฒนาความสามารถทางปัญญาและการทำงานของสมอง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ผู้บริหารสถานศึกษาสามารถนำผลการศึกษาวจัยไปใช้เป็นแนวทางกำหนดนโยบาย การพัฒนาหลักสูตรที่ผสมผสานการออกกำลังกายกับการเรียนภาษา โดยส่งเสริมการออกกำลังกายผสมผสานเข้ากับวันเรียนหรือก่อนช่วงเตรียมสอบในกลุ่มนักศึกษา อาจจัดตารางเรียนที่เอื้อต่อการออกกำลังกายก่อนเรียนหรือก่อนสอบ เพื่อเสริมสร้างหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และความแข็งแรงทางร่างกายของผู้เรียน สำหรับครูผู้สอน อาจบูรณาการโปรแกรม ICLE เข้ากับแผนการสอนปกติ พัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยี AR ในการสอน ออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน สร้างชมรมหรือ กลุ่มกิจกรรม จัดค่ายพัฒนาทักษะทางภาษาและปัญญา ระยะสั้น ตลอดจนติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

1.2 สถาบันหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถานพินิจเด็กและวัยรุ่น สามารถนำโปรแกรม ICLE ไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาวัยรุ่นให้มีศักยภาพด้านหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการใช้ภาษาอังกฤษต่อไป เช่น พัฒนาโปรแกรมฟื้นฟูที่ผสมผสานการออกกำลังกาย สร้างกิจกรรมที่ส่งเสริมการควบคุมตนเอง ความจำ ขณะทำงาน การยับยั้งชั่งใจ และการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ

1.3 หน่วยงานของรัฐบาลหรือเอกชนสามารถนำโปรแกรมฯ ไปใช้เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการใช้ภาษาอังกฤษแก่บุคลากรในองค์กร เพื่อเพิ่มศักยภาพในมิติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางภาษาและปัญญา สร้างวัฒนธรรมองค์กรที่ส่งเสริมสุขภาพและการเรียนรู้ตลอดชีพ และจัดสวัสดิการด้านการพัฒนาทักษะแบบองค์รวม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการทำงานของสมองประเภทอื่นที่ตอบสนองต่อการทำกิจกรรมทดสอบหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการใช้ภาษาอังกฤษด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากทักษะการอ่าน ตลอดจนภาษาที่สองภาษาอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากภาษาอังกฤษ

2.2 ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาโดยใช้ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) หรือตัวชี้วัดทางชีวภาพที่สะท้อนกระบวนการทำงานของสมองขึ้นสูงเพื่อให้ทราบกลไกการทำงานเชิงลึกของร่างกายที่เป็นตัวกลางของผลของโปรแกรมฯ ได้

2.3 ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าทางสมอง (EEG) ในนักศึกษา หลังจากรับการฝึกด้วยโปรแกรมฯ เพื่อยืนยันผลการทดลองเชิงพฤติกรรม

2.4 ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในศึกษาให้นานขึ้นจากเดิมที่ใช้เวลาศึกษา 4 สัปดาห์ และเพิ่มการติดตามผลการทดลอง (Followed up) เสร็จสิ้นทุก ๆ 1 เดือน เพื่อตรวจสอบความคงทนผลของโปรแกรมที่มีต่อคะแนนหน้าที่บริหารจัดการสมองและทักษะการใช้ภาษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, S. F., Tang, S., Waters, N. E., & Davis-Kean, P. (2019). Executive function and academic achievement: Longitudinal relations from early childhood to adolescence. *Journal of Educational Psychology, 111*(3), 446.
- Alves, A. R., Dias, R. E. N. A. T. A., Neiva, H. P., Loureiro, N. U. N. O., Loureiro, V. Â. N. I. A., Marinho, D. A., Nobari, H., & Marques, M. C. (2022). Physical activity, physical fitness, and cognitive function in adolescents. *Trends Sport Sci, 29*, 91-97.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences, 21*(4), 327-336.
- Boecker, H., & Drzezga, A. (2016). A perspective on the future role of brain pet imaging in exercise science. *Neuroimage, 131*, 73-80.
- Chaisuwan, P.T., Ammawat, W., Thongbang, P., Phuengphol, N., Rungrueng, C., & Suksawang, P. (2017). Effects of different frequencies of physical activity on executive function in adolescents. *Journal of Liberal Arts Prince of Songkla University, 9*(2), 301-326. (in Thai)
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology, 30*(1), 91.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, 64*(1), 135-168.
- Fengqin, L., Kornpetpanee, S., & Job, R. (2015). A study of using picture associate English vocabulary learning with physical activity. *Research Methodology & Cognitive Science, 12*(1), 112-123.
- Follmer, D. J. (2018). Executive function and reading comprehension: A meta-analytic review. *Educational Psychologist, 53*(1), 42-60.
- Forte, P., Pugliese, E., Ambretti, A., & D'Anna, C. (2023). Physical Education and Embodied Learning: A Review. *Sport Mont, 21*(3), 129-134.
- Funahashi, S., & Andreau, J. M. (2013). Prefrontal cortex and neural mechanisms of executive function. *Journal of Physiology-Paris, 107*(6), 471-482.
- Haverkamp, B. F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J., & Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences, 38*(23), 2637-2660.

- Hernandez, A. E., & Meschyan, G. (2006). Executive function is necessary to enhance lexical processing in a less proficient L2: Evidence from fMRI during picture naming. *Bilingualism: Language and Cognition*, 9(2), 177-188.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Press.
- Ludyga, S., Gerber, M., Pühse, U., Looser, V. N., & Kamijo, K. (2020). Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals. *Nature Human Behaviour*, 4(6), 603-612.
- Mavilidi, M. F., Okely, A., Chandler, P., Domazet, S. L., & Paas, F. (2018). Immediate and delayed effects of integrating physical activity into preschool children's learning of numeracy skills. *Journal of experimental child psychology*, 166, 502-519.
- McMorris, T., Sproule, J., Turner, A., & Hale, B. J. (2011). Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. *Physiology & Behavior*, 102(3-4), 421-428.
- McNeil, L. (2012). Extending the compensatory model of second language reading. *System*, 40(1), 64-76.
- Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (2024). Announcement of the Higher Education Standards Committee on policy for enhancing English language standards in higher education institutions B.E. 2567. [Online]. Retrieved from: <https://www.ops.go.th/th/ches-downloads/edu-standard/item/9625-2567>. (in Thai)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Moreau, D., & Conway, A. R. (2013). Cognitive enhancement: A comparative review of computerized and athletic training programs. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1), 155-183.
- Olive, L. S., Telford, R. M., Westrupp, E., & Telford, R. D. (2024). Physical activity intervention improves executive function and language development during early childhood: The active early learning cluster randomized controlled trial. *Child Development*, 95(2), 544-558.
- Qian, Y., Schwartz, A., Jung, A., Zhang, Y., Seitz, U., Wilds, G., Kim, M., Kramer, A. F., & Chukoskie, L. (2024). The Influence of Separate and Combined Exercise and Foreign Language Acquisition on Learning and Cognition. *Brain Sciences*, 14(6), 572.
- Schmidt-Kassow, M., Deusser, M., Thiel, C., Otterbein, S., Montag, C., Reuter, M., Banzer, W., & Kaiser, J. (2013). Physical exercise during encoding improves vocabulary learning in young female adults: a neuroendocrinological study. *PloS one*, 8(5), e64172.

- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: a group-randomized controlled trial. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(6), 575-591.
- Stone, H., & Pili-Moss, D. (2016). Executive function and Language learning: differentiating vocabulary and Morpho-Syntax. In *Lancaster Postgrad. Conf. Linguist. Lang. Teach*, 10, 53-74.
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141-153.
- Ullman, M. T., Pancheva, R., Love, T., Yee, E., Swinney, D., & Hickok, G. (2005). Neural correlates of lexicon and grammar: Evidence from the production, reading, and judgment of inflection in aphasia. *Brain and Language*, 93(2), 185-238.
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PloS one*, 7(4), e34731.
- Weng, T. B., Pierce, G. L., Darling, W. G., & Voss, M. W. (2015). Differential effects of acute exercise on distinct aspects of executive function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(7), 1460-1469.
- Wollesen, B., & Voelcker-Rehage, C. (2014). Training effects on motor-cognitive dual-task performance in older adults: A systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 11, 5-24.