ผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น : การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์

ลัดดา เหลืองรัตนมาศ
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ชลบุรี
เสรี ชัดแช้ม
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยอาศัยแนวคิดการเสริมสร้างสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ชลบุรี เพศหญิง จำนวน 38 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน การวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนทดลอง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ทำกิจกรรมทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Madrid Card Sorting Test: MCST) และวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event- Related Potential: ERP) ระยะทดลอง กลุ่มทดลองออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 เดือน และระยะหลังทดลอง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการทดสอบเช่นเดียวกับก่อนทดลอง วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ด้วยสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่า VO_2 max มากขึ้น หน้าที่บริหารจัดการของสมองเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบจากการทำ MCST เพิ่มขึ้น และระยะเวลาการตอบสนองลดลง เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย และเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแสดงให้เห็นว่า ภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่าความกว้างของคลื่น P300 ขณะทำ MCST ลดลง ความสูงของคลื่น P300 เพิ่มขึ้น ที่ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย และเทียบกับกลุ่มควบคุม จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและการหายใจดีขึ้น ส่งผลให้หน้าที่บริหารจัดการของสมองเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า, หน้าที่บริหารจัดการของสมอง, ศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์

Effects of Treadmill Exercise on Executive Function in Early Adult: An Event-Related Potential Study

Ladda Leungratanamart
Boromarajonani College of Nursing, Chon Buri, Thailand
Seree Chadcham
College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

Abstract

This study examined the effects of a 2-month treadmill exercise program on executive function. The researcher designed treadmill exercise program to promote cardiorespiratory fitness. Thirty eight healthy volunteer students of Boromarajonani College of Nursing, Chon Buri were assigned randomly to exercise group (n=18) or control group (n=20). The experiment comprised three sessions: The baseline session consisted of measuring maximum oxygen consumption (VO_2 max), the P300 component of an event-related potential (ERP), and the behavioral response on the Madrid Card Sorting test (MCST); a measure of executive function. In the exercise session, the experimental group exercised using the treadmill exercise program. In the third session, each participant was measured the same as in the baseline test. The data were analyzed by using a t- test.

The result showed that the mean VO_2 max in the experimental group was higher than control group (p<.05). Two months of treadmill exercise can improve executive function. When comparing the behavioral data, it was found that the experimental group performed the MCST more accurately and faster than the control group. Neuroelectric data indicated a significant reduction in P300 latency and an increase in P300 amplitude at F3, Fz and F7compared to the pre-exercise condition and the control group. These data suggest that a 2-month treadmill exercise program can contribute to development of cardiorespiratory fitness which in turn increases executive function.

***Keywords*:** treadmill exercise, executive function, event- related potential

ความนำ

ในแต่ละวันเราต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องเลือกตัดสินใจทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากทางเลือกหลาย ๆ ทาง มีสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่มารบกวนการตัดสินใจที่จะเลือก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเป้าหมายในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ความสามารถที่ต้องควบคุมการกระทำให้ไปสู่เป้าหมายนั้นต้องอาศัยกระบวนการทางสมองที่เรียกว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Executive Function: EF) นักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่บริหารจัดการของสมองได้ให้ความหมายตรงกันว่าเป็นความยืดหยุ่นของสมอง และความสามารถในการแยกสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง ให้ความสนใจเฉพาะสิ่งที่เป็นเป้าหมาย และแสดงพฤติกรรมที่มุ่งไปในทิศทางที่เป็นเป้าหมาย (Denckla, 1994; Goldberg, 2001) หน้าที่บริหารจัดการของสมองประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง (Inhibit of prepotent responses) การปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Shifting attention) การติดตามและควบคุมการปฏิบัติ (Monitoring and regulating performance) ความจำขณะทำงาน (Working memory) และการวางแผน (Planning) (Diamond, 2006) นักวิจัยเป็นจำนวนมากให้ความสำคัญและเสนอว่า องค์ประกอบด้านการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไปมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter 2000)

ความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไปเริ่มปรากฏเมื่ออายุประมาณ 5 หรือ 6 ปี และเพิ่มขึ้นตามอายุจนถึงช่วงวัยรุ่นตอนต้น และลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทางประสาทวิทยาที่ศึกษาโครงสร้างของสมองตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพสมองศึกษาโครงสร้างและสรีรวิทยาของสมองชี้ให้เห็นว่า หลังจากวัยรุ่นตอนปลายปริมาตรของเซลล์สมองจะลดลง (O'Donnell, Noseworthy, Levine, & Dennis, 2005) โดยเฉพาะที่บริเวณสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Crone, Wendelken, Donohue & Bunge, 2005) นอกจากนี้มีการศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องในการตอบขณะทำกิจกรรมที่ต้องใช้ความสามารถในการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความถูกต้องในการตอบขณะทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความสามารถทางด้านนี้เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 9-13 ปีจะลดลง (Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006) ความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่ลดลงนี้ อาจก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมาได้ โดยเฉพาะในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนต้นซึ่งเป็นวัยที่เริ่มต้นการทำงาน ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในด้านนี้เป็นอย่างมาก ดังนั้นควรหาวิธีการที่ช่วยไม่ให้ความสามารถทางด้านนี้ลดลง โดยไม่ต้องรอไปเริ่มแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาที่รุนแรงในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายหรือวัยสูงอายุ

การประเมินความสามารถทางด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่ผ่านมาใช้กิจกรรมทดสอบเพื่อประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองในแต่ละองค์ประกอบที่แตกต่างกันไป นักวิจัยเสนอแนะว่า แบบทดสอบวิสคอนซิน การ์ดซอร์ติ้ง (Wisconsin Card Sorting Test: WCST) เป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมในการประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองโดยเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการจัดการกับข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนไป แบบทดสอบนี้มีความซับซ้อน สามารถนำมาใช้ประเมินการทำงานของสมองส่วนหน้า (Miyake et al., 2000) แต่จากการศึกษาของ Barcelo (2001) พบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ WCST ไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่แน่ชัดของการทำงานของสมองส่วนหน้า และได้พัฒนาแบบทดสอบที่สามารถประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่มีชื่อว่า Madrid Card Sorting Test (MCST) แต่เนื่องจากการประเมินความสามารถโดยใช้คะแนนจากการทำกิจกรรมทดสอบเพียงอย่างเดียว อาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดได้ และที่สำคัญคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบไม่สามารถอธิบายกระบวนการทำงานของสมองขณะที่ทำแบบทดสอบนั้นได้ ปัจจุบันมีนักวิจัยที่สนใจศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางปัญญากับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสมอง ได้มีการนำ

วิธีการทางประสาทรังสีวิทยามาใช้ศึกษากระบวนการในสมองเช่น การใช้คลื่นวิทยุและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการสร้างภาพสมอง (Magnetic Resonance Imaging: MRI) การใช้เครื่องตรวจจับกัมมันตภาพรังสี (Positron Emission Tomography: PET) แต่วิธีการเหล่านี้ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึม ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ต้องใช้เวลา จึงไม่สามารถศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะที่ทำกิจกรรมนั้นจริง ๆ (Real time) ได้ แต่มีวิธีการศึกษาการทำงานของสมองขณะทำกิจกรรมในขณะนั้นได้ โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ประสาทที่บริเวณเปลือกสมองหรือคอร์เท็กซ์ (Cortex) และบันทึกคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณหนังศีรษะเรียกว่า การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG)

การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองขณะที่ทำกิจกรรมในช่วงเวลาที่กำหนดเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ (Event- Related Potential: ERP) เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้นในสมองกับพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา โดยบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองของผู้ถูกทดสอบตั้งแต่เริ่มปรากฏสิ่งกระตุ้น จนถึงเวลาที่ผู้ถูกทดสอบแสดงพฤติกรรมตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความสูง (Amplitude) และความกว้าง (Latency) ของคลื่น คลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้มีทั้งคลื่นลบ (Negative) และคลื่นบวก (Positive) ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็น N แทนคลื่นลบ และ P แทนคลื่นบวก ส่วนประกอบของคลื่นที่ต้องการศึกษาจะเป็นช่วงไหนนั้น ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษา เช่น P300 เป็นส่วนประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมที่เป็นคลื่นบวกปรากฏในช่วงเวลา 250-600 มิลลิวินาที เป็นคลื่นที่นิยมใช้เป็นดัชนีในการศึกษากระบวนการทางสมอง โดยที่ความกว้างของคลื่นเป็นดัชนีที่แสดงถึงเวลาที่ใช้ในกระบวนการทางปัญญา ส่วนความสูงของคลื่นแสดงถึงผลรวมของศักย์ไฟฟ้าหลังจุดประสานประสาท (Post synaptic potential) ดังนั้นกิจกรรมที่ต้องอาศัยความใส่ใจและซับซ้อนมาก จะมีการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างมาก ความสูงของคลื่นจึงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความใส่ใจในการทำกิจกรรม และความซับซ้อนของกิจกรรมที่ทำ (Kotchoubey, 2006) มีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ P300 เป็นดัชนีในการประเมินกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง โดยเฉพาะความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมอง Barcelo (2003) ศึกษาคลื่น P300 ขณะที่กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรมทดสอบ MCST ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ กิจกรรมทดสอบนี้ต้องอาศัยความสามารถของสมองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความสูงของคลื่น P300 สูงขึ้นเมื่อเทียบกับขณะที่ไม่ได้ทำกิจกรรม

จากการศึกษาทางประสาทสรีรวิทยาที่ชี้ให้เห็นว่า หลังจากวัยรุ่นตอนปลายปริมาตรของเซลล์สมองโดยเฉพาะบริเวณสมองส่วนหน้าจะลดลง ซึ่งส่งผลต่อความสามารถทางด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองได้ ปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการต่าง ๆ ในการพัฒนาความสามารถของสมอง นอกเหนือจากการฝึกทำโปรแกรมพัฒนาสมองทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การออกกำลังกายก็เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ศึกษา แต่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ยังให้ผลที่ไม่ตรงกัน มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่า การออกกำลังกายเพียงครั้งเดียว (Acute bout of exercise) และการมีสมรรถภาพทางกายที่ดี (Physical fitness) โดยเฉพาะสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดี (Cardiorespiratory fitness) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Hillman, Snook, & Jerome, 2003) แต่บางงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า การออกกำลังกายเพียงครั้งเดียว ไม่มีผลต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แต่การมีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดีมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Themanson & Hillman, 2006; Kamijo & Takeda, 2010) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า การมีสมรรถภาพทางกายไม่มีความสัมพันธ์กับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Scisco, Andrew & Jie, 2008) การศึกษาของ Scisco และคณะ (Scisco et al., 2008) ใช้กิจกรรมทดสอบที่อาศัยการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสิ่งกระตุ้น (Switch task) เป็นกิจกรรมประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการจัดการกับข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนไป การศึกษาของ Kamijo และคณะ (Kamijo et al., 2010) ก็ใช้

Switch task เป็นกิจกรรมประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แต่มีความแตกต่างกันในแง่ของความซับซ้อนของกิจกรรม ดังนั้นการใช้กิจกรรมทดสอบที่อาศัยกระบวนการบริหารจัดการของสมองไม่มาก อาจไม่เห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดีกับกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกาย

จากที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่า มีข้อขัดแย้งของผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แต่มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการมีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดีกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง นอกจากนี้ยังมีหลักฐานที่ชัดเจนว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดี มีผลต่อการสร้างสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของสมอง และยังเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง ประกอบกับวัยผู้ใหญ่ตอนต้นเป็นวัยที่เริ่มมีการเสื่อมของเซลล์ประสาทโดยเฉพาะสมองส่วนหน้าซึ่งเกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แต่อาจจะยังไม่ปรากฏอาการหรือความผิดปกติที่ชัดเจน ถ้าปล่อยให้เซลล์มีการเสื่อมไปเรื่อย ๆ แล้วไปปรากฏอาการแสดงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ตอนปลายหรือวัยชรา การพัฒนาหรือแก้ไขการทำงานของสมองก็อาจช้าเกินไป กลไกการปรับตัวก็อาจไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ด้วยวิธีการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill exercise) ซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิควิธีหนึ่งที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ และเปรียบเทียบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน การวิจัยนี้ประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมอง โดยใช้คลื่น P300 ขณะทำการทดสอบ MCST ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างบุคคลได้มากกว่าการใช้คะแนนที่ได้จากการทดสอบเพียงอย่างเดียว (Barcelo, Sanz, Molina, & Rubia, 1997) และยังสามารถอธิบายผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ด้วยวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง
2. เพื่อเปรียบเทียบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ระหว่างกลุ่มทดลองหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน กับกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาทางประสาทวิทยาแสดงให้เห็นว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมองเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้า แต่หลังจากวัยรุ่นตอนปลายมีการเสื่อมของเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วนนี้ ถึงแม้ว่ามีการศึกษาที่สนับสนุนผลการออกกำลังกายต่อการพัฒนาหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แต่มีข้อค้นพบที่ยังขัดแย้งอยู่ (Kamijo et al., 2010) นอกจากนี้การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายเพียงครั้งเดียว (Hillman et al., 2003; Tomporowslei, 2003b) และศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุ (Themanson & Hillman, 2006) ที่สำคัญยังไม่มีงานวิจัยที่กำหนดรูปแบบที่ชัดเจนของการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถของสมอง มีการศึกษาของ Barak and Popadic (2005) พบว่า การออกกำลังกายด้วยความแรง 60 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR max) มีผลต่อการทำงานของสมอง แต่ถ้าออกกำลังกายด้วยความแรง 90 % HR max ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง การวิจัยนี้จึงออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่สามารถควบคุมความแรง และระยะเวลาในการออกกำลังกายจากการตั้งโปรแกรมที่เครื่องลู่วิ่งไฟฟ้า โดยอาศัยแนวคิดการออกกำลังกายที่เพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ มีหลักสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ความถี่ของการออกกำลังกาย (Frequency) ความแรงของการออกกำลังกาย (Intensity) และระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง (Time) (American

College of Sport Medicine: ACSM, 2005) การออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ทำให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดรวมถึงระบบหายใจทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้หัวใจบีบตัวเพื่อส่งเลือดออกไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายดีขึ้น และทำให้ปอดขยายตัวรับออกซิเจนเข้าสู่ปอดได้มากขึ้น

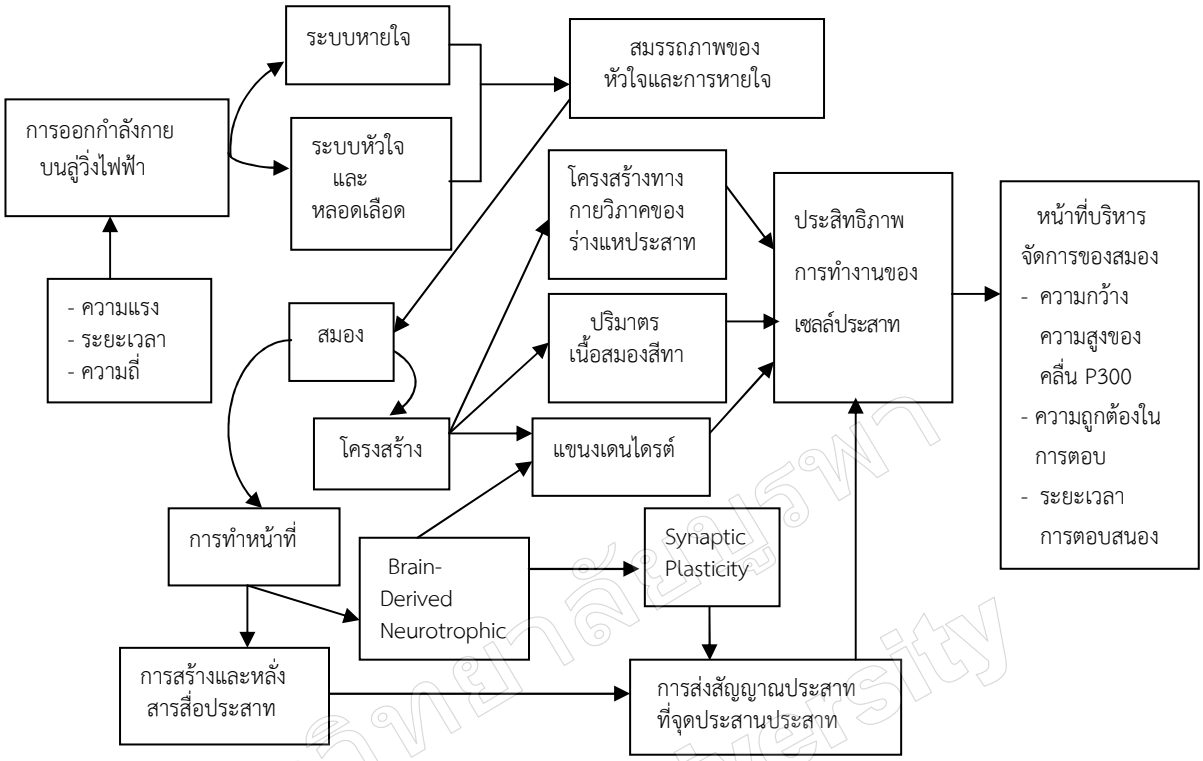
การมีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดีนั้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย และที่สำคัญทำให้ปริมาณเลือดไปเลี้ยงสมอง (Cerebral blood flow) เพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างของสมอง (Brain structure) และการทำงานของสมอง (Brain function) ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางปัญญาในด้านต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของสมองได้แก่ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายวิภาคของร่างแหระบบประสาท (Neural network) การเพิ่มแขนงของเดนไดรต์ (Dendrite) ทำให้การรับและจัดเก็บข้อมูลดีขึ้น ปริมาตรของเนื้อสมองสีเทา (Gray matter) ที่บริเวณสมองส่วนหน้าโดยเฉพาะส่วน Prefontal เพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองได้แก่ มีการสร้างและหลั่งสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) เช่น Norepinephrine Dopamin และ Acetylcholine เพิ่มขึ้น (Colcombe & Kramer, 2003) กระตุ้นการสร้าง Brain- Derived Neurotrophic Factor (BDN) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อเซลล์ประสาทช่วยให้เซลล์มีการจัดเรียงตัวใหม่ และมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในของเซลล์ประสาท (Neural plasticity) ทำให้การส่งสัญญาณประสาทที่บริเวณจุดประสานประสาท (Synaptic) มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Cotman & Berchtold, 2002) ส่งผลให้เซลล์ประสาททำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยพัฒนาหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ซึ่งประเมินได้จากความถูกต้องในการตอบและระยะเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ นอกจากนี้การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองยังอธิบายการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองที่เกิดจากการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าได้

จากผลการวิจัยและเหตุผลข้างต้นชี้ให้เห็นว่า การออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาหน้าที่บริหารจัดของสมองได้ ผู้วิจัยใช้อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart Rate Reserve: HRR) ของแต่ละคนในกลุ่มทดลองเป็นเป้าหมายของการออกกำลังกายแต่ละสัปดาห์ โดยออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองได้จาก ความถูกต้องในการตอบและระยะเวลาการตอบสนองจากการทำกิจกรรมทดสอบ MCST ความกว้าง (Latency) และความสูง (Amplitude) ของคลื่น P300 ขณะทำ MCST จึงกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดัง ภาพที่ 1

วิธีดำเนินการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีชลบุรี ชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2555 เพศหญิง อายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 40 คน ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด ได้แก่ เป็นผู้มีสุขภาพดี ไม่มีประวัติเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบประสาท ถนัดมือขวา ไม่ใช่นักกีฬา ในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา ไม่มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือออกกำลังกายน้อยกว่า 2 วันต่อสัปดาห์ และการมองเห็นปกติ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย แต่เมื่อการทดลองสิ้นสุดลง ขนาดของกลุ่มทดลองลดลงเหลือ 18 คน เนื่องจาก คนหนึ่งเจ็บป่วยแบบเฉียบพลัน อีกคนหนึ่งได้รับอุบัติเหตุทำให้มีอาการปวดข้อเท้า เป็นเหตุให้ไม่สามารถออกกำลังกายได้ต่อเนื่องตลอด 2 เดือน ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำข้อมูลของสมาชิกในกลุ่มทดลอง ทั้ง 2 คน มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษาผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น : การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องมือทดลอง กับ เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือทดลอง ได้แก่

1.1 ลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ Life Fitness รุ่น 95Ti Treadmill เป็นเครื่องมือที่มีความปลอดภัยออกแบบมาเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์การกีฬา เนื่องจากมีอุปกรณ์วัดการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Polar wireless chest strap) ซึ่งสามารถติดตามอัตราการเต้นของหัวใจได้ตลอด และค่อนข้างแม่นยำ

1.2 โปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมโดยอาศัยแนวคิดการออกกำลังกายที่ส่งเสริมสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ หลักเกี่ยวกับความหนักเกินปกติ (Overload principle) และหลักเกี่ยวกับความก้าวหน้า (Principle of progression) สมาคมกีฬาเวชศาสตร์แห่งอเมริกา (ACSM, 2005) เสนอแนะว่า การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจนั้น ควรพิจารณาปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ ความแรง ความถี่ และระยะเวลาของการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายที่จะเสริมสร้างสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจต้องมีภาระงานเกินกว่าปกติที่ทำอยู่ การพิจารณาว่าจะกำหนดปริมาณงานที่มีความแรงเกินกว่าปกติเท่าใดนั้น ต้องประเมินทางด้านสรีรวิทยาของแต่บุคคล ซึ่งการวิจัยนี้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (Heart Rate Reserve: HRR) เป็นตัวกำหนดความแรงของการออกกำลังกาย นอกจากนี้ควรเพิ่มปริมาณงานให้มีความแรงเกินปกติจากที่เคยทำมาก่อนหน้านี้ เนื่องจากร่างกายมีการปรับตัวจึงควรเพิ่มภาระงานเกินปกติในระดับใหม่ที่สูงมากขึ้นมาใช้ในการฝึกออกกำลังกาย เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายมีการปรับตัวพัฒนาขึ้นต่อไปอีก การเพิ่มความก้าวหน้าจะใช้วิธีการค่อย ๆ เพิ่ม

ความแรงของการออกกำลังกายทีละน้อยในช่วงสัปดาห์แรก ๆ ของการฝึก ความแรงของการออกกำลังกายที่เกินปกตินี้ต้องไม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหรือช้าจนเกินไป โดยการเพิ่มความแรงและระยะเวลาของการฝึกจะต้องไม่เกินกว่า 10 % ต่อสัปดาห์ (Powers & Dodd, 1997)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำแนกคำถามเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และข้อมูลเกี่ยวกับการออกกำลังกาย

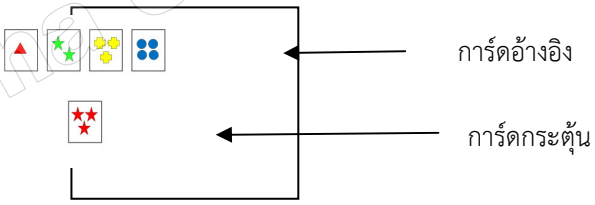
2.2 แบบบันทึกข้อมูลสุขภาพรายบุคคล

2.3 แบบสำรวจความถนัดในการใช้มือ ปรับปรุงมาจาก Edinburgh Handedness Inventory ของ Oldfield (1971)

2.4 เครื่องมือประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ใช้วิธี Astrand-Ryhming Test ทดสอบโดยปั่นจักรยานบนจักรยานวัดงานโมนาร์ค (Monarch bicycle ergometer)

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) โดยใช้เครื่องวัดสัญญาณรุ่น EEG 100C, MP150 BIOPAC ประเทศสหรัฐอเมริกา และหมวกติดอิเล็กโทรดที่อ้างอิงระบบมาตรฐานสากล 10-20 (Electro-Cap) ของบริษัท ELECTRO-CAP INTERNATIONAL, INC

2.6 กิจกรรมทดสอบเพื่อประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ อาศัยแนวคิดพื้นฐาน และหลักการทำ MCST ของ Barcelo (2003) มาจัดทำกิจกรรมทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม SuperLab 4.5 MCST ประกอบด้วยการ์ดกระตุ้น และการ์ดอ้างอิง 4 การ์ด การ์ดใบที่หนึ่ง เป็นสามเหลี่ยมสีแดง 1 อัน การ์ดใบที่สอง เป็นดาวสีเขียว 2 อัน การ์ดใบที่สามเป็นกากบาทสีเหลือง 3 อัน และการ์ดใบที่สี่เป็นวงกลมสีฟ้า 4 อัน (ภาพที่ 2) การ์ดอ้างอิงทั้ง 4 ใบ ใช้เป็นตัวเลือกในการจัดกลุ่ม โดยเรียงลำดับ 1 ถึง 4 จากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 2 Madrid Card Sorting Test (MCST)

การวิจัยนี้วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ โดยวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ (ERP) ดังนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ที่กลุ่มทดลองทำขณะทำกิจกรรมทดสอบ ต้องมีการส่งสัญญาณ (Marker) แต่ละกิจกรรมที่ทำ ไปปรากฏที่โปรแกรมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อจะได้ทราบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ในแต่ละช่วงเวลานั้นตรงกับกิจกรรมใด แต่เนื่องจากกิจกรรมทดสอบดำเนินการภายใต้โปรแกรม SuperLap จึงต้องมีการเชื่อมต่อโปรแกรม SuperLap กับโปรแกรมบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่อง StimTracker ของบริษัท Cedrus Corporation จำกัด ทำให้สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับการทำกิจกรรมทดสอบได้

แบบแผนการทดลอง

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ใช้แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มควบคุมวัดก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-Posttest Control-Group Design)

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ระยะก่อนทดลอง ดำเนินการดังนี้

1.1 เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยคัดเลือกอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.2 สุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 20 คน

1.3 ประเมินความพร้อมของกลุ่มตัวอย่างก่อนเริ่มทดลอง ได้แก่ ตรวจวัดสายตาสั้นยาวและตาบอดสี บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง

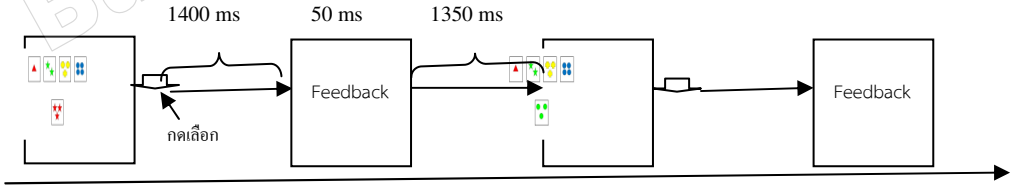
2. ระยะทดลอง

2.1 ประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำกิจกรรมทดสอบ MCST เพื่อประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมอง 18 ชุด จำนวน 137 การ์ด ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ โดยมีลำดับขั้นและช่วงเวลาที่ใช้บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง มีดังนี้ (ภาพที่ 3)

2.1.1 ปรากฏภาพซึ่งประกอบด้วยการ์ดอ้างอิง 4 การ์ดทางด้านบนของหน้าจอคอมพิวเตอร์ และการ์ดกระตุ้นที่ต้องนำไปพิจารณาจัดกลุ่มกับการ์ดอ้างอิง อยู่ทางด้านล่างตรงกลางของจอคอมพิวเตอร์ ภาพที่ปรากฏจะไม่ได้กำหนดระยะเวลา แต่จะหายไปเมื่อกลุ่มตัวอย่างกดปุ่มเลือกคำตอบ

2.1.2 กลุ่มตัวอย่างกดปุ่มเลือกคำตอบจากแป้นเลือกตอบ ซึ่งมีปุ่มเลือกตอบ 4 ปุ่ม เรียงลำดับ 1 ถึง 4 จากซ้ายไปขวามือ เช่นเดียวกับการ์ดอ้างอิงทั้ง 4 ใบ หลังจากนั้นจะมีการตอบกลับ (Feedback) ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ภายในเวลา 1,400 มิลลิวินาที (ms) เพื่อให้ทราบว่าจัดกลุ่มได้ตรงตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้ากลุ่มตัวอย่างเลือกการ์ดอ้างอิงไม่ตรงกับเงื่อนไขที่ต้องการให้จัดกลุ่ม จะปรากฏคำว่า “ผิด” ต้องพิจารณาใหม่ว่าจะเปลี่ยนไปใช้เงื่อนไขใด ซึ่งเหลืออีก 2 เงื่อนไข เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มการ์ดกระตุ้นใบต่อไปกับการ์ดอ้างอิง แต่ถ้ากลุ่มตัวอย่างเลือกการ์ดอ้างอิงตรงกับเงื่อนไขที่ต้องการให้จัดกลุ่ม จะปรากฏคำว่า “ถูก” ให้ใช้เงื่อนไขการจัดกลุ่มเช่นเดิมต่อไป จนกว่าจะเริ่มมีการเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่

2.1.3 หน้าต่างคอมพิวเตอร์ที่ขึ้นการตอบกลับ (Feedback) จะปรากฏเป็นระยะเวลา 50 มิลลิวินาที แล้วหายไป หลังจากนั้น 1,350 มิลลิวินาที จึงปรากฏภาพต่อไป การ์ดกระตุ้นเพื่อใช้จัดกลุ่มจะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ โดยการสุ่มขึ้นมาจากการตั้งรูปแบบไว้ในโปรแกรม SuperLab 4.5 จนครบ 137 ใบ (18 ชุด)



ภาพที่ 3 ลำดับขั้นและช่วงเวลาในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ MCST

บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ MCST โดยใช้วิธีการวัดแบบขั้วเดียว บันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด (Electrode) ตำแหน่งหนึ่งบนหนังศีรษะกับอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference electrode) โดยใช้หมวกติดขั้วไฟฟ้า (Electro-cap electrode system) 16 ตำแหน่ง ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง 15 ตำแหน่ง ได้แก่ FP1, FP2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, Fz, Cz, Pz และติดที่ติ่งหูข้างขวาเพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง 1 ตำแหน่ง ตรวจสอบความต้านทานไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งอิเล็กโทรด ให้น้อยกว่า 10 กิโลโอร์ม (Kohms) ทำการ

บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยขยายสัญญาณ 2,000 เท่า อัตราการสุ่ม 250 Hz ในห้องปฏิบัติการคลื่นไฟฟ้าสมองของวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

2.2 วัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) โดยให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานบนจักรยานวัดงาน (Monarch cycle ergometer) ตามหลักการของ Astrand-Rhyming Test

2.3 การออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า โดยออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน มีขั้นตอนการออกกำลังกายดังนี้

2.3.1. อบอุ่นร่างกาย เริ่มด้วยการทำท่ากายบริหารเพื่อกระตุ้นระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งจะมีการเพิ่มความแรงและเวลาในการทำทุกสัปดาห์ ตามด้วยการเหยียดกล้ามเนื้อจำนวน 10 ท่า

2.3.2 กลุ่มทดลองแต่ละคนขึ้นวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ในระหว่างการวิ่งจะมีการติดตามอัตราการเต้นของหัวใจอย่างต่อเนื่อง ด้วยเครื่อง Polar โดยปรับความเร็วของลู่วิ่งไฟฟ้าเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงความแรงของการออกกำลังกายที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งกำหนดความแรงของการออกกำลังกายที่ระดับปานกลางถึงหนัก (55 - 80 % HRR) ติดต่อกัน ตั้งแต่ 15 นาที ถึง 30 นาที ตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า เพิ่มความแรงตามหลักความก้าวหน้าของการฝึก ความแรงและระยะเวลาในการออกกำลังกาย ไม่เกิน 10 % ต่อสัปดาห์ (Power & Dodd, 1997) โดยสัปดาห์แรกจะเริ่มที่ความแรง 55- 60 % HRR ใช้เวลา 15 นาที เพิ่มความแรงและระยะเวลาการออกกำลังกายเป็น 10 % จากเดิมที่เคยปฏิบัติ จนถึงสัปดาห์ที่ 4 เพิ่มความแรงเป็น 73- 80 % HRR ใช้เวลา 30 นาที หลังจากนั้นคงความแรง และเวลาการออกกำลังกายไปจนครบ 8 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) ตั้งความลาดเอียงของลู่วิ่งไฟฟ้าไว้ที่ 0 องศา

2.2.3 ผ่อนหยุด (Cool down) ด้วยการยืดกล้ามเนื้อ ภายหลังจากการวิ่ง จำนวน 10 ท่า

ตารางที่ 1 ความแรงและระยะเวลาของการออกกำลังกายในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ความแรงของการออกกำลังกาย	ระยะเวลาการออกกำลังกาย
1	55-60% HRR	15 นาที
2	61-66% HRR	20 นาที
3	67-72% HRR	25 นาที
4	73-80% HRR	30 นาที
5-8	73-80% HRR	30 นาที

3. ระยะหลังทดลอง วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบหน้าที่บริหารจัดการ โดยวัดหลังจากสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า 1 วัน และวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจากกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความถูกต้องในการตอบและระยะเวลาการตอบสนองจากการทำ MCST และวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะที่ทำ MCST ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยตัดคลื่นไฟฟ้าสมองช่วงเวลา 200 มิลลิวินาที ก่อนปรากฏหน้าจอแสดงการตอบกลับ (Feedback) เพื่อแสดงให้กลุ่มตัวอย่างทราบว่าตอบถูกหรือผิด และหลังจาก Feedback ปรากฏ 800 มิลลิวินาที มาวิเคราะห์ ERP และคำนวณความกว้าง (Latency) และความสูง (Amplitude) ของคลื่น P300

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล ระหว่างก่อนกับหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าในกลุ่มทดลอง และระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน โดยใช้สถิติทดสอบที

ผลการวิจัย

1. กลุ่มทดลองมีอายุเฉลี่ย 20.61 ปี มีเกรดเฉลี่ยสะสมเฉลี่ย 2.70 ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) 20.91 กิโลกรัม/ ตารางเมตร และค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) 33.89 มิลลิลิตร/ กิโลกรัม/ นาที (ml/ kg /min) กลุ่มควบคุมมีอายุเฉลี่ย 20.65 ปี เกรดเฉลี่ยสะสมเฉลี่ย 2.75 และมีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 20.83 กิโลกรัม/ ตารางเมตร ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 34.03 ml /kg /min ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของประชากรไทย (18.5 กิโลกรัม/ ตารางเมตร < BMI < 24.9 กิโลกรัม/ ตารางเมตร) และมีค่าเฉลี่ย VO_2 max อยู่ในเกณฑ์ขั้นต่ำของค่ามาตรฐานของประชากรไทยที่เสนอโดย ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ ค่าเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยสะสม ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย และค่าเฉลี่ย VO_2 max ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นว่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2)

2. ผลการเปรียบเทียบ VO_2 max ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มทดลอง ภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ย VO_2 max เพิ่มขึ้นเป็น 40.58 ml/ kg/ min ส่วนในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ออกกำลังกายใด ๆ เลย มีค่าเฉลี่ย VO_2 max ลดลงเป็น 31.98 ml/ kg/ min (ภาพที่ 4)

3. ผลการเปรียบเทียบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน โดยประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองด้านการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Shift attention) จากความถูกต้องในการตอบ ระยะเวลาการตอบสนอง ความกว้างและความสูงของคลื่น P300 ขณะทำ MCST แสดงให้เห็นว่า ก่อนออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบเท่ากับ 14.22 คะแนน ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองเท่ากับ 2,453.02 มิลลิวินาที ภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบเท่ากับ 16.50 คะแนน ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองเท่ากับ 1,179.82 มิลลิวินาที ชี้ให้เห็นว่าภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบมากกว่าและระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่าก่อนออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 3)

กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 น้อยลงทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด แต่มี 3 ตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าน้อยกว่าก่อนออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz โดยที่ก่อนออกกำลังกาย ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 429.78 มิลลิวินาที F7 เท่ากับ 441.56 มิลลิวินาที และ Fz เท่ากับ 443.78 มิลลิวินาที ภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน ความกว้างของคลื่น P300 ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 383.67 มิลลิวินาที F7 เท่ากับ 435.22 มิลลิวินาที และ Fz เท่ากับ 395.56 มิลลิวินาที (ภาพที่ 5) ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน สูงกว่าก่อนออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz โดยที่ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 5.06 มิลลิโวลต์ F7 เท่ากับ 4.36 มิลลิโวลต์ และ Fz เท่ากับ 5.01 มิลลิโวลต์ หลัง

ออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า ความสูงของคลื่น P300 ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 9.15 มิลลิโวลต์ F7 เท่ากับ 8.44 มิลลิโวลต์ และ Fz เท่ากับ 7.70 มิลลิโวลต์ (ภาพที่ 6)

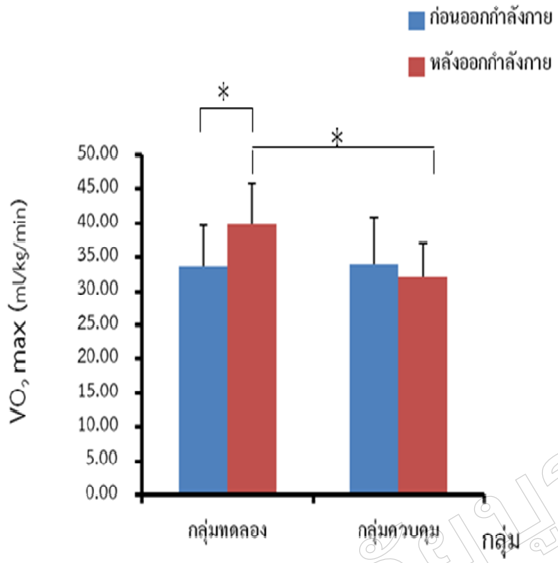
4. ผลการเปรียบเทียบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง ระหว่างกลุ่มทดลองหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือนกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบเท่ากับ 16.50 คะแนน ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองเท่ากับ 1,179.82 มิลลิวินาที กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบเท่ากับ 13.10 คะแนน ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองเท่ากับ 2,486.33 มิลลิวินาที เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบ ระยะเวลาการตอบสนอง จากการทำ MCST ระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้ากับกลุ่มควบคุม ชี้ให้เห็นว่า ภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบมากกว่าและระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4)

ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ทุกตำแหน่งอิเล็กโทรดของกลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน น้อยกว่ากลุ่มควบคุม แต่มี 2 ตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ตำแหน่ง F3 และ Fz ความกว้างของคลื่น P300 ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 383.67มิลลิวินาที Fz เท่ากับ 395.56 มิลลิวินาที ค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ของกลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 462.10 มิลลิวินาที และ Fz เท่ากับ 473.60 มิลลิวินาที (ภาพที่ 7) ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ของกลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz โดยที่ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ของกลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 9.15 มิลลิโวลต์ F7 เท่ากับ 8.44 มิลลิโวลต์ และ Fz เท่ากับ 7.70 มิลลิโวลต์ ความสูงของคลื่น P300 ของกลุ่มควบคุมที่ตำแหน่ง F3 เท่ากับ 4.91 มิลลิโวลต์, F7 เท่ากับ 4.34 มิลลิโวลต์ และ Fz เท่ากับ 4.46 มิลลิโวลต์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ ค่าเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยสะสม ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean Difference	*df*	*t*	*p*
	M	SD	M	SD				
อายุ (ปี)	20.61	0.98	20.65	0.75	-0.04	36	-.14	.89
เกรดเฉลี่ยสะสม	2.70	0.32	2.75	0.36	-0.05	36	-.43	.67
ดัชนีมวลกาย (กก./ เมตร^2)	20.91	2.75	20.83	3.28	0.08	36	.08	.94
VO_2 max (ml/ kg /min)	33.89	5.94	34.03	6.84	-0.14	36	-.07	.95

หมายเหตุ: M = Mean, SD = Standard Deviation, *df* = degree of freedom *t* = *t*-test, *p* = *p*-value



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบ VO_2 max ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบและระยะเวลาการตอบสนอง จากการทำ MCST ของกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean	*df*	*t*
	M	SD	M	SD	Difference		
ความถูกต้องในการตอบ (คะแนน)	14.22	1.90	16.50	.99	-2.28	17	-4.92*
ระยะเวลาการตอบสนอ (ms)	2,453.02	770.27	1,179.82	226.42	1273.20	17	7.35*

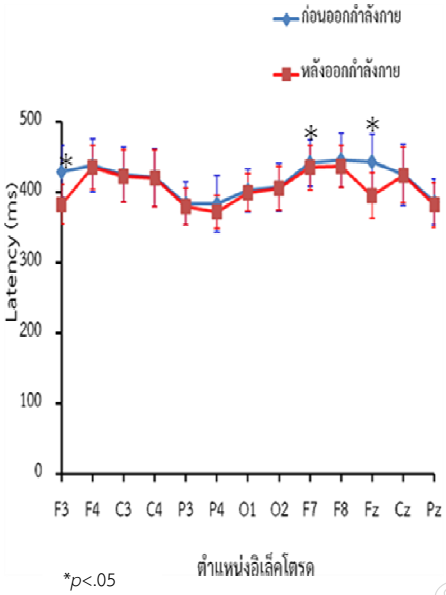
*$p<.05$

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบและระยะเวลาการตอบสนอง จากการทำ MCST ระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า กับกลุ่มควบคุม

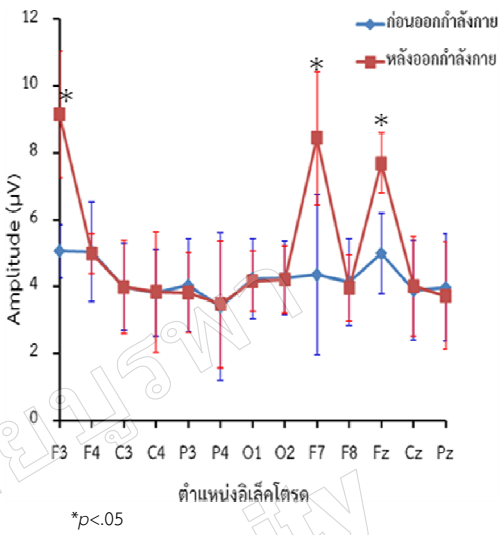
ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		Mean	*df*	*t*
	M	SD	M	SD	Difference		
ความถูกต้องในการตอบ (คะแนน)	16.50	.99	13.10	2.40	3.40	36	.89*
ระยะเวลาการตอบสนอง (ms)	1,179.82	226.42	2,486.33	697.45	-1,306.51	36	-7.59*

*$p<.05$

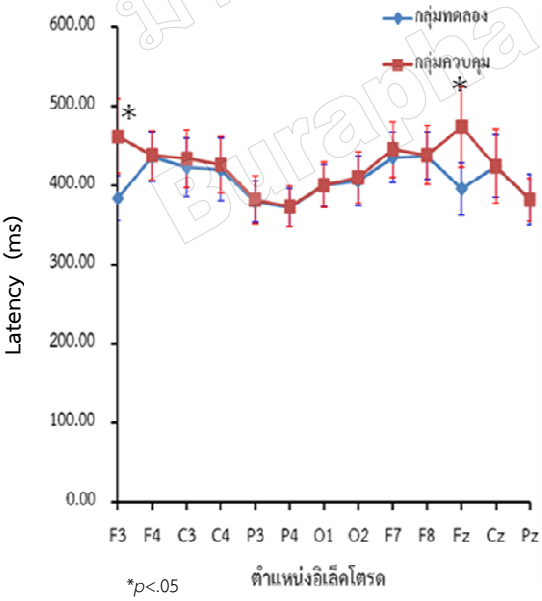
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



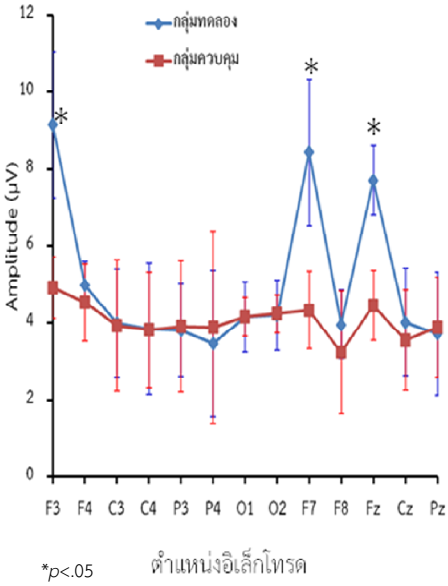
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ขณะทำ MCST ของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ขณะทำ MCST ของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการออกกำลัง กายบนลู่วิ่งไฟฟ้า



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ขณะทำ MCST ระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า กับกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 ขณะทำ MCST ระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า กับกลุ่มควบคุม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อภิปรายผล

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ครบตามกำหนด มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจเพิ่มขึ้น ประเมินได้จากค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ของกลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย และเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่ผู้วิจัยออกแบบ จึงเหมาะสมในการพัฒนาสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งไม่เคยออกกำลังกายมาก่อนได้ ผู้วิจัยนำโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าไปใช้ในการพัฒนาหน้าที่บริหารจัดการของสมอง อภิปรายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. หน้าที่บริหารจัดการของสมองภายหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน มากกว่าก่อนออกกำลังกาย โดยพบว่า กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายสามารถทำกิจกรรมทดสอบ MCST ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น ใช้ระยะเวลาในการตอบลดลง เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย และมีค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 มากกว่าก่อนออกกำลังกาย ที่ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ครอบคลุมเปลือกสมองส่วนหน้า (Frontal lobe) มีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมองในส่วนที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์และสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้า (Crone et al., 2005) และจากการศึกษาทางประสาทวิทยายังชี้ให้เห็นว่า สมองบริเวณด้านข้างของเปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัล (Lateral Prefrontal Cortex: LPFC) ของสมองซีกซ้าย ซึ่งตรงกับตำแหน่ง F7 เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Barcelo et al., 1997) นอกจากนี้การศึกษาการทำงานของสมองด้วยวิธี fMRI แสดงให้เห็นว่า ภายหลังออกกำลังกายจนถึงระดับที่สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้น บริเวณตรงกลางของเปลือกสมองส่วนหน้า (Median Frontal Gyrus) มีการทำงานเพิ่มมากขึ้น ขณะทำ Eriksen Flanker Task ซึ่งเป็นกิจกรรมทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Colcombe et al., 2004) และการวิจัยของ Yanagisawa และคณะ (Yanagisawa et al., 2010) ซึ่งใช้วิธีการวัดปริมาณออกซิเจนที่ไปเลี้ยงสมองด้วยวิธี Near-Infrared เปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ไปเลี้ยงสมองระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังวิ่งด้วยความแรงระดับปานกลางเพียงครั้งเดียว กับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ออกกำลังกาย พบว่า กลุ่มทดลองขณะทำ Stroop Test ซึ่งเป็นกิจกรรมทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมอง มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นบริเวณ Dorsolateral prefrontal cortex ของสมองซีกซ้าย

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือนมีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 สูงกว่าก่อนออกกำลังกาย และความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าก่อนออกกำลังกาย ซึ่งความสูงของคลื่น P300 สัมพันธ์กับการทำงานของสมองที่ถูกกระตุ้นขณะทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความใส่ใจ จึงเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึง ความใส่ใจต่อกิจกรรมที่ทำ ดังนั้นความสูงของคลื่น P300 เพิ่มขึ้น เมื่อทำกิจกรรมที่ต้องให้ความใส่ใจมากขึ้น นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนความใส่ใจ เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องเปลี่ยนจากเดิม ต้องอาศัยความใส่ใจที่มากขึ้นกว่าเดิม ความสูงของคลื่น P300 จะสูงขึ้นกว่าภาวะปกติ ส่วนความกว้างของคลื่น P300 เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการกับข้อมูลที่ได้รับเข้าไป (Polich, 2007) ดังนั้นกลุ่มทดลองหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีความสูงของคลื่น P300 เพิ่มขึ้น ความกว้างของคลื่น P300 ลดลงชี้ให้เห็นว่า กลุ่มทดลองมีความใส่ใจและจดจ่ออยู่กับกิจกรรมการจัดกลุ่มการ์ดที่มีการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขของการจัดกลุ่ม ทำให้ความผิดพลาดในการตอบน้อยลง ระยะเวลาในการตอบลดลง

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้น และความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองมากขึ้น โดยมีความสูงของคลื่น P300 เพิ่มขึ้น ที่ตำแหน่ง F3, F7 และ Fz บ่งชี้ได้ว่า สมองส่วนหน้ามีการทำงานมากขึ้น

อาจเนื่องมาจากความเป็นไปได้ 4 ประการ ประการแรก การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้อัตราการไหลของเลือดไปเลี้ยงสมองมากขึ้น เซลล์สมองได้รับสารอาหารโดยเฉพาะออกซิเจนที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์เพิ่มขึ้น ขณะทำการทดสอบจึงมีทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในเซลล์ที่เพียงพอ ทำให้เซลล์ประสาททำงานได้นาน และมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดอาการล้า ประการที่ 2 การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเพิ่มปริมาณสารสื่อประสาทโดปามีน และช่วยเพิ่มความสามารถในการนำสาร Cholinergic กลับมาใช้สังเคราะห์สารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน ทำให้กระบวนการส่งข้อมูลต่างๆ เร็วขึ้น ประการที่ 3 มีการเพิ่มของ BDNF และ Nerve growth factor อื่น ๆ ซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทบริเวณจุดประสานประสาทที่บริเวณสมองส่วนหน้า รวมถึงมีการกระตุ้นเซลล์ประสาทให้ทำงานเพิ่มขึ้น (Currie, Ramsbottom, Ludlow, Nevill, & Gilder, 2009) ทำให้สมองส่วนหน้าทำงานมากขึ้น

2. หน้าที่บริหารจัดการของสมองของกลุ่มทดลองหลังการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน มากกว่ากลุ่มควบคุม โดยพบว่า กลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกายมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตอบจากการทำ MCST มากกว่า และค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้กลุ่มทดลองหลังออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 มากกว่า และค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ที่ตำแหน่ง F3 และ Fz จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกาย มีความสูงของคลื่น P300 เพิ่มขึ้นและความกว้างของคลื่น P300 ลดลงที่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้า ความสูงของคลื่น P300 ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าหลังจุดประสานประสาทเพิ่มขึ้น บ่งชี้ได้ว่ามีการเพิ่มจำนวนการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทบริเวณจุดประสานประสาทที่สมองส่วนหน้าเพิ่มขึ้น และการส่งสัญญาณประสาทที่จุดประสานประสาทมีประสิทธิภาพทำให้การส่งสัญญาณประสาทระหว่างเซลล์ประสาทเร็วขึ้น (Currie et al., 2009) เป็นผลจากการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เลือดไปเลี้ยงเปลือกสมองส่วนหน้ามากขึ้น กระตุ้นให้มีการสร้างสารสื่อประสาทโดยเฉพาะ Acetylcholine ที่ปลาย Axon ของเซลล์ประสาท ส่งผลให้การเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทที่บริเวณเปลือกสมองส่วนหน้าเพิ่มขึ้น ขณะที่กลุ่มควบคุมไม่พบว่าสมองส่วนหน้ามีการทำงานเพิ่มขึ้น แต่กลับพบว่ามีการทำงานลดลง โดยมีความสูงของคลื่น P300 ลดลงและความกว้างของคลื่น P300 มากขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนทดลอง ดังนั้นผลการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองที่พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงของคลื่น P300 และค่าเฉลี่ยความกว้างของคลื่น P300 ระหว่างกลุ่มทดลองภายหลังออกกำลังกับกลุ่มควบคุม แตกต่างกันที่ตำแหน่ง F3 และ Fz จึงยืนยันได้ว่า กลุ่มทดลองภายหลังการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน มีความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองมากขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองส่วนหน้า

กลุ่มทดลองที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายครบตามที่กำหนด มีหน้าที่บริหารจัดการของสมองเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าคะแนนความถูกต้องในการตอบที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาการตอบสนองที่ลดลง ซึ่งเป็นข้อมูลทางพฤติกรรมสามารถสะท้อนการทำงานของสมองภายหลังออกกำลังกายได้ก็ตาม แต่ไม่สามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมอง การวิจัยนี้ได้ทำการเชื่อมต่อโปรแกรม SuperLap ที่ใช้ในการสร้างกิจกรรมทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ประเมินความสามารถทางด้านพฤติกรรมได้เพียงอย่างเดียว ให้ดำเนินการร่วมกับโปรแกรมที่ใช้บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ทำให้สามารถบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบได้ คลื่นไฟฟ้าสมองสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในสมองและที่สำคัญสามารถระบุตำแหน่งของสมองที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นผลมาจากการออกกำลังกายได้ชัดเจน และจากผลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองช่วยสนับสนุนความสัมพันธ์เชิงบวกของการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องกับความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมอง นอกจากนี้ผลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถระบุตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องได้ชัดเจน เมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น ๆ โดยพบว่าตำแหน่ง F3, Fz และ F7 ซึ่งเป็นตำแหน่งของสมองส่วนหน้ามีการทำงานเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การออกกำลังกายเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากนัก โปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าจากผลการวิจัยนี้ จึงอาจเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง และการส่งเสริมให้มีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องสามารถป้องกันการเสื่อมของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายได้ หรือนำไปประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาในผู้ป่วยที่มีการทำงานของสมองส่วนหน้าบกพร่อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีเฉพาะเพศหญิงและเป็นวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ควรมีการศึกษาผลของการออกกำลังกายในเพศชายและช่วงวัยต่าง ๆ

2. ควรเพิ่มกลุ่มควบคุมที่มีการออกกำลังกายในรูปแบบอื่นที่ไม่ใช่การออกกำลังกายแบบแอโรบิค เช่น การเกร็งกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static exercise) เพื่อยืนยันผลของการมีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง

3. ควรมีการวัดระดับของสารในกระแสเลือด ที่เป็นผลจากการออกกำลังกาย และสัมพันธ์กับการทำงานของสมอง เช่น BDNF ร่วมกับการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อช่วยอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมองได้ชัดเจนขึ้น

เอกสารอ้างอิง

American College of Sport Medicine. (2005). Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 30(6), 975-1008.

Barak, O., Popadić-Gaćeša, J., Karaba-Jakovljević, D., Drapšin, M., & Klašnja, A. (2004). Assessment of cognitive functions related to the level of physical exertion. *Eur J Appl Physiol*, 409-414.

Barcelo, F., Sanz, M., Molina, V., & Rubia, F. J. (1997). The Wisconsin Card Sorting Test and the assessment of frontal function: A validation study with event-related potentials. *Neuropsychogia*, *35*(4), 399-408.

Barcelo, F. (2001). Does the Wisconsin Card Sorting Test Measure Prefrontal function?. *Spanish Journal of Psychology*, 4(1), 79-100.

Barcelo, F. (2003). The Madrid card sorting test (MCST): a task switching paradigm to study executive attention with even- related potentials. *Brain Research Protocols, 11,* 27-37.

Colcombe, S. J., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychological Science*, *14*(2), 125-130.

Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K., Scalf, P., McAuley, E., & Cohen, N. J. (2004).Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*, 3316-3321.

Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in Neuroscience*, *25*, 295-301.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S. E., & Bunge, S. A. (2005). Neural evidence for dissociable components of task-switching. *Cerebral Cortex*, *28*, 47-53.

Currie, J., Ramsbottom, R., Ludlow, H., Nevill, A., & Gilder, M. (2009). Cardio-respiratory fitness, habitual physical activity and serum brain derived neurotropic factor (BDNF) in men and woman. *Neuroscience Letters*, *451*, 152-155.

Denckla, M. B. (1994). *Measurement of executive function*. In G, R. Lyon (Ed) Frame of reference for the assessment of learning disabilities: New views on measurement issues. Baltimore, MD: Paul H. Brooks.

Hillman, C. H., Snook, E. M., & Jerome G, J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International journal of psychophysiology*, *48*, 307-314.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive Function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*. *44*, 2017–2036.

Kamijo, K., & Takeda, Y. (2010). Regular physical activity improves executive function *International journal of psychophysiology*, *75,* 304-311.

Kotchoubey, B. (2006). Review Event-Related Potentials, cognition, and behavior: A biological approach. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, *30*, 42-65.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (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.

O'Donnell, S., Noseworthy, D., Levine, B., & Dennis, M. (2005). Cortical thickness of the frontopolar area in typically developing children and adolescents. *NeuroImage*, *4*, 948-954.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of Handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*. *9*, 97-113.

Polich, J. (2007). Meta-analysis of P3 normative aging studies. *Psychophysiology*, *33*, 334-353.

Powers, S. K., & Dodd, S. L. (1997). *The essential of total fitness*. Boston: Allyn and Bacon.

Scisco, J. L., Andrew, L., & Jie, K. (2008). Cardiovascular fitness and executive control during task – switching: An ERP study. *International Journal of psychophysiology*, *69*, 52–60.

Themanson, J. R., & Hillman, C. H. (2006). Cardiorespiratory fitness and acute aerobic exercise effects on neuroelectric and behavioral measures of action monitoring. *Neuroscience*, *141*, 757-767.

Tomporowslei , P. D. (2003b). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, *112*, 297–324.

Yanagisawa, H., Dan, I., Tsuzuki, D., Kato, M., Okamoto, M., Kyutoku, Y., & Soya, H., Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improve cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage, 50*, 1702-1710.

ลัดดา เหลืองรัตนมาศ Burapha University