

2023

พลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การ ยีน

กนกพร สีลาเทพินทร์
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>

 Part of the [Sports Sciences Commons](#)

Recommended Citation

สีลาเทพินทร์, กนกพร, "พลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การยีน" (2023).
Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). 10500.
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/10500>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบิน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2566

EFFECTS OF MULTIMODAL TRAINING PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE IN STUDENT
PILOTS



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Sports and Exercise Science
Faculty Of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้า
	ของการรู้คิดในศิษย์การบิน
โดย	น.ต.หญิงกนกพร ลีลาเทพินทร์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ดรอุณวรรณ สุขสม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.อิโรพุมิ ทานากะ
	พลอากาศโท วรงค์ ลามานันต์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ดรอุณวรรณ สุขสม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.อิโรพุมิ ทานากะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(พลอากาศโท วรงค์ ลามานันต์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณัญญา มาสดีใส)

..... กรรมการ
(ดร.นภัสกร ชื่นศิริ)

กนกพร สีสลาเทพินทร์ : ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบิน. (EFFECTS OF MULTIMODAL TRAINING PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE IN STUDENT PILOTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.ดรุ่มวรรณ สุขสม, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร.อิโรพุมิ ทานากะ, พลอากาศโท วรงค์ ลากานันต์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบิน

กลุ่มตัวอย่างเป็นศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ได้รับการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 เพศชาย อายุระหว่าง 24-27 ปี จำนวน 27 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) จำนวน 13 คน ทำการฝึกปกติของศิษย์การบินร่วมกับโปรแกรมการฝึกดังนี้ 1) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (HIIT) 1 นาทีที่ความหนักร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสลับกับพัก 1 นาที จำนวน 10 รอบ 2)การฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลา 20 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 3)การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (RT-BFR) ความหนักที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียวร่วมกับการปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตที่ร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นอย่างสมบูรณ์ในขณะพักในท่า Back squat, Dead lift, Bent over row, Bench press และ Calf raise และ 4) การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์และกลุ่มควบคุม (CG) ทำการฝึกปกติของศิษย์การบิน ก่อนและหลังการฝึกทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสารชีวเคมีในเลือด ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบผสมและเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบ Bonferroni และการทดสอบที

ภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่ม MG มีสัดส่วนไขมันในร่างกายลดลงและมีสัดส่วนกล้ามเนื้อในร่างกาย การนั่งงอตัวไปข้างหน้า การเคลื่อนไหวของหลังในการเอียงตัวไปทางด้านขวา ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ส่วนกลุ่ม CG ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกาย ยกเว้นการเคลื่อนไหวของหลังในท่าแอ่นหลังลดลง กลุ่ม MG มีระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ความถูกต้องของการรู้คิดด้านความจำปฏิบัติการ 2-Back และระดับซีรีมบีตีเอ็นเอฟในสมองเพิ่มขึ้น พบการลดลงของระยะเวลาตอบสนองในขณะทำการรู้คิดด้านสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตวิสัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ทั้งกลุ่ม MG และกลุ่ม CG มีระยะเวลาตอบสนองในการทดสอบการรู้คิดด้านสมาธิแบบแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ การรู้คิดด้านบริหาร การไหลเวียนเลือดในสมอง ระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวาและความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำการรู้คิด

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานมีประสิทธิภาพในการลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้านสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการควบคู่ไปกับการเพิ่มระดับซีรีมบีตีเอ็นเอฟ อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของศิษย์การบิน ด้านองค์ประกอบของร่างกาย ด้านสมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่นของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต
ปีการศึกษา	2566	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6371001639 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE

KEYWORD: Cognitive fatigue, High-intensity interval training, Resistance training, Blood flow restriction

Kanokporn Leelartapin : EFFECTS OF MULTIMODAL TRAINING PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE IN STUDENT PILOTS. Advisor: Prof. DAROONWAN SUKSOM Co-advisor: Prof. Hirofumi Tanaka, Air Marshal Warong Lapanun, MD

The purpose of this study was to investigate the effects of multimodal training program on cognitive fatigue in student pilots.

Twenty-seven male student pilots (aged 24-27 years) enrolled in advance training squadrons with PC-9 fast jet training were assigned into 2 groups: Multimodal training group (MG, n=13), training as usual pilot students concurrent with 12-week exercise program 1) Body-weight high intensity interval training -10 sets of 1x1 minute at 90% maximal heart rate; 2) 20-minute cognition and coordination training (3 days/week); 3) Resistance training combined with blood flow restriction training in Back squat, Dead lift, Bent over row, Bench press, and Calf raise at 20%1RM and BFR cuff at 60%AOP; 4) Core body stability and mobility training (2 days/week). Control group (CG , n=14) trained as usual. Physiological data health-related physical fitness, cognitive fatigue, and blood chemistry were measured. The mixed ANOVA followed by Bonferroni test or T-test were used to determine the significance in all variables before and after training and among groups.

After 12 weeks, skeletal muscle percentage, sit and reach, back lateral flexion to right, muscle strength and endurance, force vital capacity and maximal oxygen consumption of MG significantly improved but fat percentage. There was no significant change in CG except back extension which significantly attenuated. During cognitive fatigue session, left cerebral oxygen saturation and correction during 2-Back, and Brain-derived neurotrophic factor significantly improved, but reaction time during selective attention task and cognitive fatigue scale significantly reduced. Sustained attention of MG and CG was attenuated by significantly increasing reaction time. There was no significant change in spatial ability, executive function, cerebral blood velocity, right cerebral oxygen saturation, and heart rate variability during cognitive fatigue.

In conclusion, multimodal training program is the efficient training to reduce cognitive fatigue in selective attention and working memory and simultaneously increase Brain-derived neurotrophic factor. The program is effective training enhancing physical fitness including body composition, cardiorespiratory fitness, muscle strength, muscle endurance, and flexibility in student pilots.

Field of Study: Sports and Exercise Science

Academic Year: 2023

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จากความเอาใจใส่และการช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ศาสตราจารย์ ดร. ดรณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้มีอุดมการณ์แห่งความเป็นครู ท่านได้กรุณาเสียสละเวลาสำหรับการให้คำแนะนำที่ดี การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในงานวิจัย ท่านคอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันให้ชีวิตระหว่างการศึกาและการวิจัยของผู้วิจัยดำเนินไปอย่างราบรื่น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมทั้ง 2 ท่าน คือ Prof. Dr. Hirofumi Tanaka และพลอากาศโท วรงค์ ลาภานันต์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณัญญา มาสดี และ อาจารย์ ดร.นภัสกร ชื่นศิริ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อเสนอแนะและให้ความรู้เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะอย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อบรมชี้แนะ ให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดและสามารถนำไปพัฒนางานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ พลอากาศเอก เสกสรร คันธา ที่ได้ชี้แนะแนวคิดการพัฒนาศักยภาพนักบินกองทัพอากาศไทยและให้การช่วยเหลือในการเข้าเก็บข้อมูลที่โรงเรียนการบิน ขอกราบขอบพระคุณนาวาอากาศเอกหญิง จีราวรรณ วรวิบูล นาวาอากาศเอกหญิง อุบลรัตน์ หรัยเจริญ นาวาอากาศเอก ฉัตรชัย ไตรทองและนาวาอากาศโทหญิง วีรภัทรา ไกรสินธุ์ที่ชี้แนะแนวคิดการพัฒนาศักยภาพนักบินและงานเวชศาสตร์การบิน พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่า และให้ความร่วมมือในการทดสอบและฝึกฝนซึ่งใช้ระยะเวลาที่ยาวนานและใช้ร่างกายอย่างเหน็ดเหนื่อย แต่ทุกท่านก็ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกคน เพื่อนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครอบครัวเวชศาสตร์ฟื้นฟู รพ.ภูมิพลอดุลยเดช ทุกท่านที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจกันมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่สุนี ลีลาเทพินทร์ คุณพ่อวิชัย ลีลาเทพินทร์และนางสาวชุตติมา ลีลาเทพินทร์ญาติพี่น้องทุกคน ที่เป็นแรงบันดาลใจและสนับสนุนทุกอย่างจนการศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณเป็นพิเศษแก่นางสาวเจนจิรา ลีลาเทพินทร์ และครอบครัวสุขวงศ์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล จนการศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” และทุนสนับสนุนโครงการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กนกพร ลีลาเทพินทร์



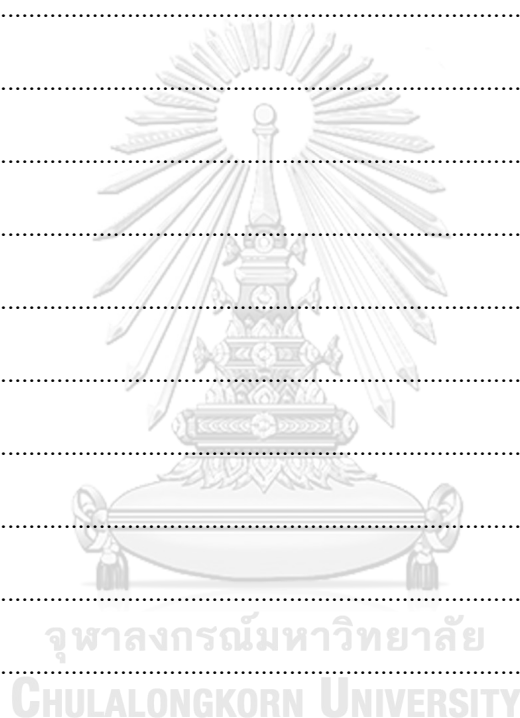
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

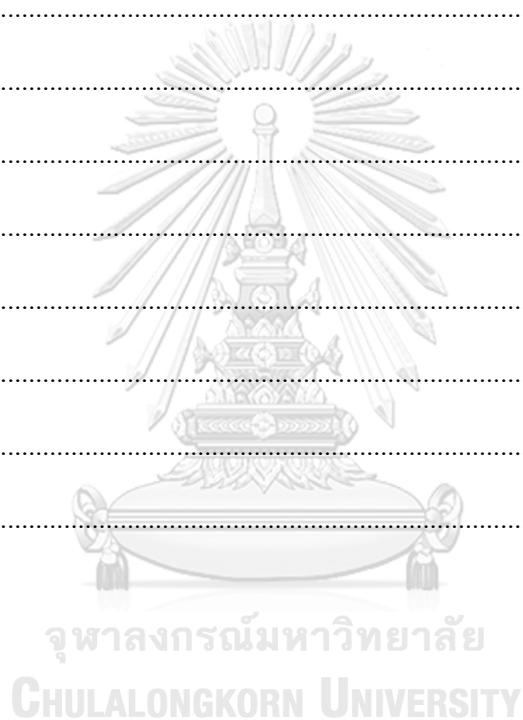
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
คำถามในงานวิจัย	5
สมมุติฐานของงานวิจัย.....	5
คำสำคัญ.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	9
บทที่ 2	13
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
การทบทวนวรรณกรรม	13
1. นักบินกองทัพอากาศและศิษย์การบินกองทัพอากาศ.....	14
2. สมรรถภาพทางกายของนักบินขับไล่โจมตีและศิษย์การบิน.....	17
3. การรู้คิด (Cognitive function) และความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue).....	24
4. เมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism)	37

5. สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ (Health-related physical fitness)	43
7. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน	47
7.1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training; HIIT).....	49
7.2. การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with blood flow restriction, RT-BFR)	52
7.3. การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and coordination training).....	57
7.4. การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และ การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)	58
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	59
8.1 งานวิจัยในต่างประเทศ	59
8.2 งานวิจัยในประเทศ	61
กรอบแนวคิดในการวิจัย	62
บทที่ 3	64
วิธีการดำเนินงานวิจัย	64
ประชากร	64
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย	64
การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	66
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	67
เครื่องมือที่ใช้วัดในการวิจัย	86
การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง	88
การวิเคราะห์ข้อมูล	90
บทที่ 4	92
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	92
บทที่ 5	192

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	192
สรุปผลการวิจัย.....	193
อภิปรายผลวิจัย	197
ข้อจำกัดของการดำเนินการวิจัย	224
บรรณานุกรม.....	227
ภาคผนวก.....	264
ภาคผนวก ก	264
ภาคผนวก ข	269
ภาคผนวก ค	271
ภาคผนวก ง.....	277
ภาคผนวก จ	284
ภาคผนวก ฉ	286
ภาคผนวก ช	288
ภาคผนวก ซ	290
ภาคผนวก ฌ	292
ภาคผนวก ฎ.....	294
ภาคผนวก ฏ.....	297
ภาคผนวก ฐ.....	299
ภาคผนวก ฑ	303
ภาคผนวก ด	305
ภาคผนวก ต	310
ภาคผนวก ถ	313
ภาคผนวก ท.....	315
ภาคผนวก ธ	317



ภาคผนวก น.....	319
ภาคผนวก บ.....	326
ภาคผนวก ป.....	331
ภาคผนวก ผ.....	333
ภาคผนวก ฝ.....	344
ภาคผนวก พ.....	347
ภาคผนวก ฟ.....	350
ภาคผนวก ม.....	358
ภาคผนวก ย.....	372
ภาคผนวก ร.....	377
ภาคผนวก ล.....	379
ภาคผนวก ว.....	381
ภาคผนวก ศ.....	385
ประวัติผู้เขียน.....	393



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	เกณฑ์ทดสอบสมรรถภาพร่างกายนักเรียนนายเรืออากาศ	20
ตารางที่ 2	การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศเกณฑ์การให้คะแนนการดันพื้น ...	21
ตารางที่ 3	การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศ เกณฑ์การให้คะแนนการลุกนั่ง ...	22
ตารางที่ 4	การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศเกณฑ์การให้คะแนนการวิ่ง.....	23
ตารางที่ 5	ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการรู้คิดที่สัมพันธ์กับคุณสมบัติของนักบิน	30
ตารางที่ 6	ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถความสามารถทางทักษะพิสัยที่สัมพันธ์	30
ตารางที่ 7	ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถของนักบินขับไล์โจมตีที่สัมพันธ์กับงานในหน้าที่หลัก ...	31
ตารางที่ 8	ระดับคะแนนช่วงเวลานอนหลับและช่วงเวลาตื่นรู้ของแบบสอบถาม.....	34
ตารางที่ 9	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไประหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	94
ตารางที่ 10	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	97
ตารางที่ 11	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ด้านตัวแปรความยืดหยุ่นของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	99
ตารางที่ 12	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	103
ตารางที่ 13	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ	

ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 106

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัย ด้านระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 110

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัย ด้านระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 111

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากระดับการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 115

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากระดับการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 117

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยด้านทักษะเชิงบริหารระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 118

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากระดับความจำขณะปฏิบัติการ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 121

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยด้านทักษะเชิงบริหารระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 122

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 125

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 126

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเชิงวัตถุวิสัยด้านส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมอง ในขณะที่ทำการรู้คิดจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 130

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรเชิงวัตถุวิสัยด้านส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะที่ทำการรู้คิดจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม .. 131

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 136

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรเชิงวัตถุวิสัยด้านส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 137

ตารางที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านตัวแปรการส่งออกซิเจนไปสมอง ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 142

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรเชิง วัตถุวิสัยด้านส่งออกซิเจนไปสมองจากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียน ของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม	143
ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัว แปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ระหว่างก่อน และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..	148
ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านการส่งออกซิเจน ไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม	149
ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัว แปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา ระหว่างก่อน และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..	154
ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านการส่งออกซิเจน ไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม	155
ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นแบบ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ระหว่างก่อนและ หลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	160
ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ของค่าร้อยละของการ เปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึก แบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	164
ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านความผัน แปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio ระหว่าง ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม	165

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Inter quartile rance) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 170

ตารางที่ 38 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 171

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยของความผันแปรของอัตราการเต้นจากการประเมิน High frequency activity ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 175

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน High frequency ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม 176

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 181

สารบัญรูปร่างภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แผนภูมิจำพวกทหาร	15
รูปที่ 2 การทดสอบความเหนียวล้าของการรู้คิด	29
รูปที่ 3 การเปลี่ยนพลังงานจากกลูโคสของระบบประสาท	38
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของเมแทบอลิซึมของสมองและกิจกรรม	39
รูปที่ 5 ความยืดหยุ่นของสมอง	41
รูปที่ 6 กระบวนการเมตาบอลิซึมของ BDNF ในการควบคุม Bioenergetic	41
รูปที่ 7 กระบวนการเมตาบอลิซึมของ Lactate – BDNF หลังจากการออกกำลังกาย	42
รูปที่ 8 เกณฑ์การประเมินไขมันในร่างกายโดยใช้ Fat mass index	44
รูปที่ 9 เปรียบเทียบระดับ BDNF จากการออกกำลังกายที่ความหนักสูงและการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง	51
รูปที่ 10 เปรียบเทียบ กล้ามเนื้อจากการทดสอบพื้นที่หน้าตัด (Cross sectional area)และกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดและกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ในครั้งเดียว	53
รูปที่ 11 แผนภูมิเปรียบเทียบกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว ของการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFT-T) ฝึกแบบแรงต้านหนักความหนักสูง (HL-T) ฝึกแบบแรงต้านหนักความหนักน้อย (LL-T) และกลุ่มควบคุม (CON) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และงดการฝึก 4 สัปดาห์	54
รูปที่ 12 เปรียบเทียบการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายระหว่างการฝึกแบบแรงต้านที่ความหนักสูงและจากการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด	55
รูปที่ 13 แผนภูมิเปรียบเทียบการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายและการรับรู้ความพยายามในการออกกำลังกาย	55
รูปที่ 14 การพัฒนาของกล้ามเนื้อและหลอดเลือดจากการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือด	56
รูปที่ 15 กรอบแนวคิดในการวิจัย	63

รูปที่ 16 การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์	64
รูปที่ 17 ลำดับการตรวจวัดค่าตัวแปรก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย	73
รูปที่ 18 ขั้นตอนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด.....	76
รูปที่ 19 รายละเอียดของรูปแบบการฝึก	82
รูปที่ 20 รูปแบบการฝึกของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน.....	83
รูปที่ 21 รูปแบบฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต.....	84
รูปที่ 22 การฝึกการรู้คิด.....	85
รูปที่ 23 การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว.....	85
รูปที่ 24 การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหว ของข้อต่อ.....	86
รูปที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์.0ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	95
รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของส่วนสูง ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	95
รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ระหว่างก่อนและหลัง การฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	95
รูปที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีมวลกาย ระหว่างก่อนและหลัง การฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	96
รูปที่ 29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักระหว่าง ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	96
รูปที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่ม ควบคุม (CG).....	96

รูปที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 97

รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของร้อยละไขมันในร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 98

รูปที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของร้อยละกล้ามเนื้อในร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 98

รูปที่ 34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราเผาผลาญของร่างกายขณะพัก ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 99

รูปที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบนั่งจอตัวไปทาง ด้านหน้าระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 100

รูปที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบแตะมือด้านหลังด้วยมือซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 101

รูปที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบแตะมือด้านหลังด้วยมือขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 101

รูปที่ 38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Thoracolumbo-pelvic flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 101

รูปที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Thoracolumbo-pelvic extensionระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 102

รูปที่ 40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Left lateral flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	102
รูปที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Right lateral flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	102
รูปที่ 42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	104
รูปที่ 43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแรงบีบมือขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	104
รูปที่ 44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแรงบีบมือด้านซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	104
รูปที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการดันพื้น ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	105
รูปที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการลุกนั่ง ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	105
รูปที่ 47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: Forced vital capacity (FVC) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	107
รูปที่ 48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: Forced expiratory volume in one second (FEV1) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	108
รูปที่ 49 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: FEV1/FVC ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	108

รูปที่ 50 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 109

รูปที่ 51 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 109

รูปที่ 52 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองของการทดสอบ Psychomotor Vigilance test (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 112

รูปที่ 53 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ของการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) .. 113

รูปที่ 54 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ของการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 113

รูปที่ 55 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) ในการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 114

รูปที่ 56 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง ในการทดสอบ Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 116

รูปที่ 57 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ของการทดสอบ Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 116

รูปที่ 58 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความแม่นยำ (Accuracy) ของการทดสอบ Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 119

รูปที่ 59 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งที่สำเร็จ ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	120
รูปที่ 60 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนองครั้งแรก ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	120
รูปที่ 61 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	120
รูปที่ 62 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในการทดสอบ 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..	123
รูปที่ 63 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) จากการทดสอบ 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	124
รูปที่ 64 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) จากการทดสอบ 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	124
รูปที่ 65 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) จากการทดสอบ 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	124
รูปที่ 66 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	127
รูปที่ 67 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความกระปรี้กระเปร่า จากการประเมิน BRUMS ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	128

รูปที่ 68 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความเหนื่อยล้า (Fatigue) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 128

รูปที่ 69 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงภาระงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 128

รูปที่ 70 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor Vigilance Task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 132

รูปที่ 71 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 132

รูปที่ 72 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 133

รูปที่ 73 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในสมองในขณะที่ทำการรู้คิด Time Wall Task ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 133

รูปที่ 74 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 134

รูปที่ 75 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 134

รูปที่ 76 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity,
 TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การ
 บินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 135

รูปที่ 77 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง
 จากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้
 คิด Psychomotor Vigilance Task ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time
 average peak velocity, TAPv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึก
 แบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 138

รูปที่ 78 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำ
 การรู้คิด Visual search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบ
 ผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 138

รูปที่ 79 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำ
 การรู้คิด Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึก
 แบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 139

รูปที่ 80 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv)
 ในขณะที่ทำการรู้คิด Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่ม
 ฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 139

รูปที่ 81 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv)
 ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบ
 ผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 140

รูปที่ 82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป
 สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำ
 การรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
 (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 140

รูปที่ 83 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไป สมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด(Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำ การรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบ ผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	141
รูปที่ 84 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor Vigilance Task ระหว่างก่อนและหลัง การฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	144
รูปที่ 85 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual Search ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	144
รูปที่ 86 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental Rotation ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	145
รูปที่ 87 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	145
รูปที่ 88 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ใน ศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	146
รูปที่ 89 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของ ศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).....	146

รูปที่ 90 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้จัก Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 147

รูปที่ 91 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้จัก Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 150

รูปที่ 92 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้จัก Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 150

รูปที่ 93 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้จัก Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 151

รูปที่ 94 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้จัก Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 151

รูปที่ 95 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้จัก 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 152

รูปที่ 96 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้จัก 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 152

รูปที่ 97 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำ

การรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	153
รูปที่ 98 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งพลังงานของสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	156
รูปที่ 99 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	156
รูปที่ 100 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	157
รูปที่ 101 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	157
รูปที่ 102 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	158
รูปที่ 103 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)	158
รูปที่ 104 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO ₂)	

ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 159

รูปที่ 105 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 161

รูปที่ 106 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).. 161

รูปที่ 107 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).. 162

รูปที่ 108 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 162

รูปที่ 109 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 163

รูปที่ 110 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 163

รูปที่ 111 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences

between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อน และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).. 164

รูปที่ 112 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 166

รูปที่ 113 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 166

รูปที่ 114 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 167

รูปที่ 115 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 167

รูปที่ 116 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 168

รูปที่ 117 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 168

รูปที่ 118 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด

Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 169

รูปที่ 119 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 171

รูปที่ 120 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 172

รูปที่ 121 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 172

รูปที่ 122 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 173

รูปที่ 123 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 173

รูปที่ 124 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 174

รูปที่ 125 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity

activity ในขณะที่ทำการรู้จัก Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์
 การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 180

รูปที่ 133 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma
 glucose) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และ
 กลุ่มควบคุม (CG) 182

รูปที่ 134 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันคอเลสเตอรอล ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12
 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 183

รูปที่ 135 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12
 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 183

รูปที่ 136 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันไฮเดนซิติไลโปโปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก
 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 184

รูปที่ 137 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันไลเดนซิติไลโปโปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก
 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 184

รูปที่ 138 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากปริมาณเม็ดเลือดขาว ระหว่าง
 ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
 185

รูปที่ 139 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง
 ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากปริมาณเม็ดเลือดแดง ระหว่าง
 ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
 185

- รูปที่ 140 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากระดับฮีโมโกลบิน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 185
- รูปที่ 141 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากระดับฮีมาโตคริต ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG).. 186
- รูปที่ 142 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากเกล็ดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 186
- รูปที่ 143 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับสารชีวเคมีของสมอง ซีรัมบีตีเอ็นเอฟ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ .0ศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)..... 187
- รูปที่ 144 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจากระดับความถูกต้อง (Correction) และความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG)..... 187
- รูปที่ 145 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) และความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) 188
- รูปที่ 146 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 189
- รูปที่ 147 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระดับความถูกต้อง (Correction) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG). 190

รูปที่ 148 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความ
 เหนื่อยล้าของการรู้คิดของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left S_cO_2) ในขณะที่ทำ
 การรู้คิด Visual search task และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2peak}) ในศิษย์การบินกลุ่ม
 ฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) 191

รูปที่ 149 สรุปผลการวิจัยในภาพรวม 224



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นักบินขับไล่โจมตีของกองทัพอากาศมีหน้าที่ทำการบินในสภาวะแวดล้อมที่มีความกดดันสูง ทั้งจากภาระงานทางยุทธการและยุทธวิธี การจัดการข้อมูลในขณะที่ทำการบินพร้อมกับการควบคุม เครื่องบิน (Green, 2016) การจัดการข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นของนักบินจะเพิ่มการกระตุ้นการทำงานของสมองทำให้สมองมีการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นจากภาวะปกติ เมื่อสมองมีภาระงานที่หนักเป็นระยะเวลานานจะสามารถส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) ซึ่งหมายถึงการลดลงของการรู้คิด (Cognitive function) และเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจ (Decision-making) (Kato et al., 2009; Harris and Bray, 2021) นอกจากนี้ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในนักบินนั้นสามารถส่งผลต่อการลดลงของสมรรถภาพทางกาย (Physical performance) และการลดสมรรถภาพทักษะพิสัยในนักบิน (Psychomotor performance) ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยในการทำงานและส่งผลต่อการลดลงของนิรภัยการบินอย่างมาก (Neville et al., 1994; Marcora et al., 2009; McMahon and Newman, 2018)

ขณะทำการบินนักบินขับไล่โจมตีจะมีภาระงาน (Workload) ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานที่ซับซ้อน เช่น การนำเครื่องขึ้น การลงจอดหรือการปฏิบัติการในขณะที่มีระดับการมองเห็นที่ต่ำหรือการบินขึ้นลงหลายครั้งจะมีระดับภาระงานด้านจิตใจเพิ่มขึ้น (Mohanavelu et al., 2020) นั้นสามารถส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้า ลดระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ลดความตื่นตัวและลดความแม่นยำของมิติสัมพันธ์ของมือและเท้า (Naeeri and Kang, 2018; McMahon and Newman, 2018) ในขณะที่ทำการบิน นักบินจะใช้ความสามารถในการทำการบิน หรือเรียกว่า สมรรถนะการบิน (Flight performance) ในการควบคุมจะใช้ทักษะต่างๆ ทั้งการควบคุม เครื่องบิน เช่น การควบคุมเส้นทางการบิน (Heading) ความเร็ว (Airspeed) ระดับความสูง (Altitude) การจัดการสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน การใช้ทักษะการปรับตัวทางการรู้คิดและการจัดการความเครียด ร่วมกับการใช้กลยุทธ์ที่จะทำให้ตนเองเข้าใจ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการตระหนักรู้ตัวในสถานการณ์ การตัดสินใจ เพื่อทำให้เกิดนิรภัยการบิน (Peacock et al., 2017; Li et al., 2020)

นอกจากเผชิญกับภาระงานที่ซับซ้อนสูง นักบินขับไล่โจมตีและนักบินขับไล่โจมตีสมรรถนะสูงจะต้องเผชิญกับการเข้าแรงโน้มถ่วง เมื่อนักบินขับไล่โจมตีปฏิบัติการเข้าแรงโน้มถ่วงที่มีทิศทางการบินที่มีความเร่งด้านแรงโน้มถ่วงโลกในแกน Z หรือทิศทางศีรษะ-เท้า (+Gz Acceleration; +Gz) ปริมาณเลือดในร่างกายจะไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาตามแรงโน้มถ่วง ส่งผลให้เกิดการลดลงของความดันใน

หลอดเลือดสมอง (Cranial hypotension) ลดการไหลเวียนของเลือดในสมอง (Cerebral blood flow) และลดเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (Cerebral perfusion) (Green, 2016) เมื่อเข้าแรง +Gz นักบินขับไล่โจมตีจะทำการปฏิบัติ Anti-G Strain Maneuver (AGSM) ซึ่งเป็นการเกร็งกล้ามเนื้อขาและหน้าท้อง เพื่อช่วยรักษาระดับความดันของหลอดเลือดระดับศีรษะและรักษาปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (Gradwell and Rainford, 2016) ในขณะที่ทำ AGSM นักบินที่มีประสบการณ์น้อยจะมีการใช้กำลังของกล้ามเนื้อที่มากกว่านักบินที่มีประสบการณ์มาก ซึ่งการออกแรงเพื่อใช้ในการเกร็งกล้ามเนื้อที่มากจะลดประสิทธิภาพของการทำ AGSM ได้ (Bain et al., 1992; Slungaard et al., 2019) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้คิดในนักบินที่มีประสบการณ์น้อยและนักบินที่มีประสบการณ์มาก ภายหลังจากเข้าแรง +Gz ร่วมกับการทำ AGSM นักบินที่มีประสบการณ์น้อยจะมีการลดลงของการรู้คิด ความเมื่อยล้า และมีระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มขึ้น (Tripp et al., 2006; Ercan and Gunduz, 2020) ซึ่งอาจส่งผลให้มีการลดลงของนิริภัยการบินได้

นักบินขับไล่โจมตีของกองทัพอากาศทุกคนจะได้รับการฝึกบินขึ้นต้นจากโรงเรียนการบิน ในขณะการฝึกบินขึ้นต้นจะเรียกว่า ศิษย์การบิน (Student pilots) ซึ่งศิษย์การบินที่ทำการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 หรือ PC-9 จะมีการเรียนรู้การบินในสภาวะแวดล้อมการทำงานที่เหมือนกับนักบินขับไล่โจมตี มีการใช้หน้ากากออกซิเจนให้แรงดันบวก (Positive pressure breathing) ชุดต้านแรงโน้มถ่วง (Anti-gravity suit) ซึ่งเป็นชุดที่มีกระเปาะลมอัดในบริเวณขาและหน้าท้องขณะเข้าแรงโน้มถ่วง เพื่อเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อการเข้าเผชิญแรงโน้มถ่วง การฝึกการบังคับเครื่องบินในสภาวะแวดล้อมที่มีการเผชิญเข้าแรงโน้มถ่วง เรียนรู้ความซับซ้อนของภาระงานทางยุทธการและยุทธวิธีระดับต้น เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเข้ารับบรรจุเป็นนักบินประจำการจำพวกนักบินขับไล่/โจมตีสมรรถนะสูงหรือนักบินขับไล่โจมตี ดังนั้นศิษย์การบินกลุ่มนี้จะต้องมีการเตรียมสภาพร่างกายสภาพจิตใจเพื่อให้พร้อมสำหรับการเป็นนักบินขับไล่โจมตีในอนาคต ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษารูปแบบการฝึกที่จะสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกายของศิษย์การบิน ซึ่งหากศิษย์การบินที่จะเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นนักบินขับไล่โจมตีได้รับการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งป้องกันความเสี่ยงจากการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่อาจจะเกิดขึ้นจากแรง +Gz ได้นั้น ก็จะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มสมรรถนะการบินและนิริภัยการบินได้

การรู้คิด (Cognitive function) เป็นความสามารถของสมอง ความรู้เขาวินิจฉัย ปัญหา ความคิด จินตนาการ การวางแผน การใช้เหตุผลและการแก้ปัญหา (วิฑูรย์ กล่อกระโทก และ ประสิทธิ์ พุทธศาสน์ศรัทธา, 2560) การรู้คิดประกอบไปด้วย สมาธิ (Attention) การบริหารจัดการ (Executive functions) มิติสัมพันธ์ (Spatial orientation) การเรียนรู้และความจำ (Learning and memory) ความเข้าใจภาษา (Language) การรู้คิดทางสังคม (Social cognition and emotions) (Reger et

al, 2004; Sachdev et al, 2014; Harvey, 2019) ซึ่งความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) เป็นลักษณะที่เกิดจากการใช้กิจกรรมของการรู้คิดเป็นระยะเวลานาน และมีลักษณะที่ทำให้เกิดอาการล้าหรือการหมดพลังงาน (Boksem and Tops, 2008) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด จะทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของการทำงานของรู้คิดลดลง ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้จากการทดสอบการรู้คิดที่มีจำนวนครั้งของความผิดพลาดและระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ร่างกายทำกิจกรรมที่มีการเพิ่มภาระงานของการรู้คิดเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้ลดประสิทธิภาพของการทำงานลงอย่างต่อเนื่อง โดยจะพบว่ามีอาการตอบสนองที่ช้าลง มีการลดลงของการไหลเวียนของเลือดในสมองในบริเวณ Fronto-parietal network (Lim, J. et al, 2010) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของการทำงาน พบว่ามีการลดระดับฮีโมโกลบินที่จับตัวกับออกซิเจน (Oxygenated hemoglobin, O₂Hb) ในสมองที่บริเวณ Frontal cortex (Izzetoglu et al, 2004; Aghajani et al, 2017) และความเหนื่อยล้าก็สามารถส่งผลต่อการลดลงของความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดที่ไหล ในหลอดเลือดสมอง มิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอรี (Middle cerebral artery blood flow velocity; MCBV) (Wang et al, 2011)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสาน 4 ด้าน ได้แก่ การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การสร้างความมั่นคงของกล้ามเนื้อ หัวไหล่และลำตัว การเสริมสร้างสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหลอดเลือดและการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคอ หลัง หน้าท้องและขา สามารถเพิ่มสมรรถนะของนักบินจากการลดการภาระงานทางร่างกายที่ใช้ในการเข้าด้านแรงโน้มถ่วงได้ (Slungaard et al., 2019) นอกจากนี้การฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านและการฝึกทักษะของการรู้คิดสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ของการรู้คิด เช่น ทักษะการคิดเชิงบริหาร ด้านความจำ ด้านการวางแผนและการแก้ปัญหา และส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพด้านการตัดสินใจที่ซับซ้อนและการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง (Ward et al., 2017; Zwilling et al., 2019) โดยที่การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High intensity interval training, HIIT) เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาที่น้อยแต่สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sultana et al., 2019) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของทักษะการคิดเชิงบริหาร (Stern et al., 2019; Mekari et al., 2020; Hsieh et al., 2021) และสามารถเพิ่มบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีบทบาทความสำคัญในการสร้าง รักษา ความยืดหยุ่นของสมอง (Neuroplasticity) ที่ช่วยควบคุมความสมดุลของพลังงานของสมอง (Saucedo Marquez et al., 2015; Diemel, 2019) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ BDNF นั้นจะส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของสมองที่สัมพันธ์กับการเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้และการรู้คิดด้านความจำ (Miranda et al., 2019) อีกทั้งการออกกำลังกายที่มีการทำงาน

ประสานกันระหว่างมือและตา จะช่วยส่งเสริมการทำงานของสมอง เพิ่มความยืดหยุ่นของสมอง เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง ทำให้สมองที่มีหน้าที่ในการทำงานในบริเวณที่แตกต่างกันสามารถทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Spunt et al., 2015; Demirakca et al., 2016) อีกด้วย ซึ่งการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานทั้งทางกายและการฝึกการรู้คิดนั้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ทางการรู้คิดมากกว่าการฝึกการรู้คิดหรือการฝึกออกกำลังทางกายเพียงอย่างเดียว (Ward et al., 2017) การฝึกผสมผสานที่มีการฝึกที่มีความหนักสูงสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางระบบหัวใจ หลอดเลือดและการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการฝึกการรู้คิดนั้นส่งผลดีต่อความสามารถในการตัดสินใจ (Decision-making competence) เพิ่มการใช้ความคิดทางมิติสัมพันธ์ (Visuospatial reasoning) (Daugherty et al., 2018; Zwilling et al., 2019)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้ การฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานจะเป็นการผสมผสานการออกกำลังแบบปกติ เช่น การฝึกแบบแอโรบิกหรือการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง การฝึกแบบมีแรงต้านสูง การฝึกการรู้คิดและการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว โดยจะศึกษาผลต่อสมรรถภาพทางกาย การรู้คิดและการตัดสินใจ แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิด และการนำการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance with Blood flow resistance training, RT-BFR) นำมาปรับใช้ร่วมในการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสาน ซึ่ง RT-BFR เป็นการฝึกที่ใช้แรงต้านต่ำแต่สามารถเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างกับการฝึกที่มีแรงต้านสูง (Lixandrao et al., 2017; Wilk et al., 2020) จึงทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการฝึกที่น้อยกว่าการฝึกแบบมีแรงต้านสูง

พื้นฐานของการเป็นนักบินขับไล่โจมตีจะต้องเริ่มมาจากศิษย์การบิน เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเข้ารับบรรจุเป็นนักบินประจำการจำพวกนักบินขับไล่/โจมตีสมรรถนะสูงหรือนักบินขับไล่โจมตี ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเพิ่มสมรรถนะของศิษย์การบินที่ทำการฝึกเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นนักบินขับไล่โจมตีในอนาคตด้วยการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสาน เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย ลดความเสี่ยงของการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ป้องกันความเสี่ยงจากการเกิดการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของศิษย์การบิน ผู้วิจัยคาดว่า 1) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงสามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและควบคุมความสมดุลของพลังงานของสมอง 2) การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ 3) การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพของการรู้คิด และ 4) การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อลำตัวและป้องกันอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่อาจเกิดขึ้น ผู้วิจัยคาดว่าโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานในงานวิจัยนี้จะส่งผลดีสำหรับศิษย์การบิน

ในการเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นนักบินขับไล่โจมตี จากการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของสมอง เพิ่มสมรรถภาพกายของระบบหัวใจและระบบหายใจและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และสามารถลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของศิษย์การบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในนักบินที่มีอายุและประสบการณ์น้อยที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานในการทำ AGSM สูงและมีการลดลงของการรู้คิดขณะทำการบินที่มากกว่านักบินที่มีอายุและประสบการณ์ นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังถือได้ว่าเป็นงานวิจัยเชิงทดลองแรกของประเทศไทยที่มุ่งเน้นการสร้างประโยชน์ต่อศิษย์การบิน โรงเรียนการบิน กำแพงแสน ซึ่งเป็นที่ผลิตนักบินของกองทัพอากาศก่อนที่จะก้าวไปสู่ นักบินขับไล่โจมตีในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย
2. เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและสารชีวเคมีในเลือด ในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย

คำถามในงานวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานส่งผลต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทยได้หรือไม่
2. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและสารชีวเคมีในเลือดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทยหรือไม่

สมมุติฐานของงานวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานส่งผลต่อการลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทยได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ
2. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานสามารถส่งเสริมสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและสารชีวเคมีในเลือดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทยได้แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ

คำสำคัญ

ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง (High-intensity interval training) การฝึกแบบมีแรงต้าน (Resistance training) การจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Blood flow restriction)

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ศิษย์การบินกองทัพอากาศที่ได้รับการเข้าฝึกหลักสูตรศิษย์การบินของกองทัพอากาศไทย เพศชาย อายุระหว่าง 24-27 ปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ได้รับการเข้าฝึกหลักสูตรศิษย์การบินของกองทัพอากาศไทย อายุระหว่าง 24-27 ปี จำนวน 27 คน ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย ลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัยและทำการฝึกครบตามกำหนด แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (n=13) และกลุ่มควบคุม (n=14)

การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยจะเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างด้วยการประสานงานกับโรงเรียนการบิน กองทัพอากาศที่เป็นหน่วยงานรับผิดชอบหลักในการฝึกศิษย์การบินกองทัพอากาศ

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ การฝึกออกกำลังกายผสมผสานและการฝึกออกกำลังกายแบบปกติ

โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน คือ การฝึกออกกำลังกายจำนวน 5 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ประกอบด้วย 1)การฝึกการรู้คิดรวมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลา 20 นาที 2)การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง กำหนดความหนักอยู่ที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; %HRmax) เป็นระยะเวลา 20 นาที 3)การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) ใช้ระยะเวลา 10 นาที ทำการฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 4)การฝึกแบบมีแรงต้านดำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต กำหนดแรงต้านที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, 1RM) ตั้งระดับความดันที่ร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคลเป็นระยะเวลา 24 นาที 5)การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อใช้ระยะเวลา 15 นาที ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยจะใช้ระยะเวลาการฝึกต่อวันประมาณ 1 ชั่วโมง

การฝึกออกกำลังกายแบบปกติ คือ การฝึกออกกำลังกายแบบปกติของศิษย์การบิน ที่ทางโรงเรียนการบินกำหนดเวลาหลังเลิกเรียนเป็นจำนวน 5 วันต่อสัปดาห์ ประกอบด้วย การวิ่ง การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อ เช่น การดันพื้น การลุกนั่ง และการดึงข้อ เป็นต้น โดยจะใช้ระยะเวลาการฝึกต่อวันประมาณ 1 ชั่วโมง

ตัวแปรตาม (Dependent variables) คือ

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data) ได้แก่ น้ำหนักตัว (Body weight) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูง (Height) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ดัชนีมวลกาย (Body mass index) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเมตร² อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที ความดันโลหิตขณะพัก (Resting blood pressure; Resting BP) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) การประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ได้แก่

1) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัย ประเมินจากระดับการรู้คิดที่ได้จากการทดสอบการรู้คิด 6 การทดสอบ ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) ความถูกต้อง (Correct) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (Millisecond) และการส่งออกซิเจนไปสมอง (Brain oxygen supply) ได้แก่ ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง (Cerebral oxygen saturation; ScO₂) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมอง มิติเดล เซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ จากการวัดความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity; TAPv) มี ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity; TAMv) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที

2) ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตวิสัย ประเมินจากระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจากที่ได้จาก Cognitive fatigue visual analog scale (CFS) ระดับภาระงานจากแบบประเมินการรับรู้ภาระงาน (NASA-TLX) ระดับอารมณ์จากแบบสอบถาม บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; BRUMS) ที่ประเมินระดับความกระปรี้กระเปร่า (Vigor) และความเหนื่อยล้า (Fatigue)

3) ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability) ได้แก่ Square root of the mean of the squares (RMSSD), High frequency activity (HF), Low frequency activity (LF) และ Low frequency/High frequency ratio (LF/HF)

ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ

1) องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) จากการทดสอบด้วยเครื่องวัดด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบได้แก่ ไขมันในร่างกาย (Body fat) กล้ามเนื้อในร่างกาย (Skeletal muscle) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (Resting metabolic rate) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี

2) ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) จากการทดสอบนั่งงอตัวไปข้างหน้า (Sit and reach) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร อกศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion test) มีหน่วยเป็น องศา การทดสอบแตะมือด้านหลัง (Back Scratch Test) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จากการทดสอบแรงกำมือ (Hand grip strength) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและหลัง (Back-leg muscular strength) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว (ตรุณวรรณ สุขสม, 2561)

4) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) ทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อแขนโดยการดันพื้น (Push-up) ความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการงอตัว (sit-up) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที

5) สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ (Cardiorespiratory endurance) อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 peak) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; HRmax) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที สมรรถภาพปอด (Pulmonary function test) ได้แก่ Forced vital capacity (FVC) ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตร Forced expiratory volume in one second (FEV_1) เป็นปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ FEV_1 มีหน่วยเป็นลิตร และค่า FEV_1/FVC

ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry)

1) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count: CBC) ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb) มีหน่วยเป็น กรัม/เดซิลิตร ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC) มีหน่วยเป็น 10^3 ต่อไมโครลิตร และเกร็ดเลือด (Platelet; Plt) มีหน่วยเป็น 10^3 ต่อไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell; WBC) มีหน่วยเป็นเซลล์ต่อมิลลิลิตร

2) ระดับไขมันในเลือด (lipid profiles) ได้แก่ คอเลสเตอรอล (Cholesterol) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ไฮเดนซิติไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โลเดนซิติไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

3) ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose; FPG) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/เดซิลิตร

4) สารชีวเคมีของสมอง ได้แก่ นิวโรโทรฟิน (Neurotrophin) คือ ซีรัมบีดีเอ็นเอฟ (Serum Brain-derived Neurotrophic Factor; BDNF) มีหน่วยเป็นพิโกต่อเดซิลิตร

ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูลคือ โรงเรียนการบินกำแพงแสน กองทัพอากาศ โรงพยาบาลจันทบุรีเวช จ.นครปฐม และคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จะเริ่มในเดือนที่ 1-2 หลังจากการเปิดการศึกษาของศิษย์การบินกองทัพอากาศในระดับชั้นมัธยม และจะใช้ระยะเวลาเก็บข้อมูลประมาณ 5 เดือนต่อกลุ่ม

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

นักบิน (Pilot) หมายถึง ผู้ขับขี่เครื่องบิน ผู้บังคับการบิน รวมถึงผู้บังคับการบินแบบอากาศยานไร้คนขับ

นักบินขับไล่โจมตี (Fighter pilot) หมายถึง ผู้บังคับการบินกับเครื่องบินขับไล่โจมตีที่มีความเร็วตั้งแต่หนึ่งเท่าเสียง หรือโครงสร้างของเครื่องบินสามารถทนต่อแรงตั้งแต่ 7 เท่าของแรงโน้มถ่วงโลกขึ้นไป เพื่อการครองอากาศ ลาดตระเวนติดอาวุธ สนับสนุนทางอากาศโดยใกล้ชิด ชัดขวางและลาดตระเวนทางอากาศ การบินสกัดกั้นและการบินคุ้มกันตามความสามารถของเครื่องบินขับไล่/โจมตี พร้อมทั้งการดำเนินงานตามการฝึกทางยุทธการและยุทธวิธีของฝูงบินขับไล่/โจมตี (กระทรวงการคลัง, 2549)

ศิษย์การบิน (Student pilot) หมายถึง นายทหารสัญญาบัตร ที่สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชหรือสำเร็จการศึกษาจากต่างประเทศในขณะที่เป็นนักเรียนนายเรืออากาศ และผ่านเกณฑ์การตรวจสอบตามกรรมวิธีการคัดเลือกศิษย์การบินเพื่อเข้าเป็นศิษย์การบินตามระเบียบการคัดเลือกศิษย์การบิน ซึ่งกำลังการอบรมในวิชาตามหลักสูตรศิษย์การบินชั้นมัธยมและได้รับการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19

โรงเรียนการบิน (Flying training school) หมายถึง โรงเรียนที่ทำการฝึกบินเพื่อให้เป็นนักบิน โรงเรียนการบิน เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบการฝึกอบรมศิษย์การบินของกองทัพอากาศ

การรู้คิด (Cognitive function) หมายถึง ความสามารถของสมอง ความรู้เชาวน์ปัญญา ความคิด จินตนาการ การวางแผน การใช้เหตุผลและการแก้ปัญหา (วิฑูรย์ กล่อกระโทก และ ประสิทธิ์ พุทธศาสตร์ศรีธา, 2560)

ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) หมายถึง สภาพของจิตชีววิทยาที่เกิดจากการใช้กิจกรรมของการรู้คิดเป็นระยะเวลาสั้น และมีลักษณะที่ทำให้เกิดอาการล้าหรือการหมดพลังงาน (Boksem and Tops, 2008) สำหรับการศึกษาที่กระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยวิธี Time Load Dual Back Task (TloadDBack) ที่เป็นการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยการทำงาน 2 ส่วน คือ ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) และการงานตัดสินใจทางตัวเลขที่มีความหนักงานเท่ากัน (Parity number decision task) ที่จะทำให้มีการเรียกใช้งานพื้นที่ของสมองสำหรับการทำงานด้านการเรียนรู้และความจำเพิ่มมากขึ้น การใช้งานของสมองที่มีระยะเวลาจำกัดจะเพิ่มภาระงานของการรู้คิด (Cognitive workload) ที่จะส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่เพิ่มสูงขึ้น (Borragán et al., 2017) ทำการประเมินด้วย 1) การประเมินเชิงอัตวิสัย ได้แก่ ระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด 2) การประเมินทางอัตวิสัยและ 3) การส่งออกซิเจนไปที่สมอง

ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ได้แก่ ระดับการรู้คิดที่ได้จากการทดสอบการรู้คิด 6 การทดสอบ และการส่งออกซิเจนไปที่สมอง จะทำการประเมินตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย Time Load Dual Back Task (TloadDBack)

ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดการประเมินเชิงอัตวิสัย ได้แก่ ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจาก Cognitive fatigue visual analog scale (CFS) ระดับภาระงานจากแบบประเมินการรับรู้ภาระงาน (NASA-TLX) ระดับอารมณ์จากแบบสอบถาม บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; BRUMS) ที่ประเมินระดับความกระปรี้กระเปร่า (Vigor) และความเหนื่อยล้า (Fatigue)

ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปที่สมอง (Brain oxygen supply) ได้แก่ ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง (Cerebral oxygen saturation; ScO₂) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ การไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมอง มิติเดิล เซเบรอล อาร์เทอร์รี่ จากการวัดความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity; TAPv) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity; TAMv) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health related physical fitness) หมายถึง สมรรถภาพทางกายซึ่งเกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี และลดปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากการขาดการออกกำลังกาย

กายซึ่งมีความสัมพันธ์กับการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันการเกิดโรคต่างๆได้ (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561) ประกอบด้วย องค์ประกอบของร่างกาย ความยืดหยุ่นของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ

โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน (Multimodal training program) หมายถึง การฝึกออกกำลังกายที่ประกอบไปด้วยหลากหลายวิธีร่วมกัน เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายในหลายองค์ประกอบ ได้แก่ การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงเพื่อส่งเสริมความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตเพื่อส่งเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์เพื่อส่งเสริมการรู้คิด การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์

การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training, HIIT) หมายถึง การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงในระยะเวลาด้านสลับกับความหนักต่ำ ด้วยน้ำหนักของร่างกายโดยการใช้ทุกส่วนของร่างกาย ที่ความหนักที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่ได้จากการประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 60 วินาทีสลับกับการพักย่ำเท้าเป็นระยะเวลา 60 วินาทีที่ความหนักที่ร้อยละ 60-70 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด จำนวน 10 ชุด ใช้ระยะเวลารวม 20 นาที

การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with blood flow restriction training; RT-BFR) หมายถึง การฝึกที่มีแรงต้านในทางตรงข้ามกับการเคลื่อนไหว พร้อมทั้งมีการควบคุมการไหลเวียนโลหิตด้วยการใช้อุปกรณ์หรือสายรัดบริเวณกล้ามเนื้อที่ทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการควบคุมการไหลเวียนของหลอดเลือดดำและหลอดเลือดแดง การฝึกแบบมีแรงต้านที่ร้อยละ 20-30 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียวและระดับความดันที่ 60 ระดับความดันที่ร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล

การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and coordination training) หมายถึง การฝึกการรู้คิดจากการฝึกโปรแกรม Encephalapp และการจับคู่การ์ดสลับกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ Blazepod โดยจะทำการเริ่มจากท่าที่มีการเคลื่อนไหวน้อยไปมาก

การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) หมายถึง การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวสำหรับนักบินเพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บ

ทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดในนักบินขับไล่โจมตี มีรูปแบบที่ทำการปรับปรุงมาจากการศึกษาของ Slungaard et al (2019)

การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) หมายถึง การฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ความยืดหยุ่นของร่างกาย เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดในนักบินขับไล่โจมตี รูปแบบที่ทำการปรับปรุงมาจากการศึกษาของ Slungaard et al (2019)

สารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry) หมายถึง สารชีวเคมีในเลือดที่ได้จากการเจาะเลือดประกอบด้วย ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ระดับไขมันในเลือด ระดับน้ำตาลหลังอดอาหาร ซีรัมบีตีเอ็นเอฟ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสมรรถนะการบินในศิษย์การบิน ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. นักบินกองทัพอากาศและศิษย์การบินกองทัพอากาศ
2. สมรรถภาพทางกายของนักบินขับไล่โจมตีและศิษย์การบิน
3. การรู้คิด (Cognitive function) และความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue)
 - 3.1 การรู้คิด (Cognitive function)
 - 3.2 ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue)
 - 3.3 การรู้คิดและความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในนักบิน
 - 3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของการรู้คิด
 - 3.4.1 จังหวะเซอร์คาเดียน (Circadian Rhythms)
 - 3.4.2 การนอนและคุณภาพการนอน
 - 3.4.3 ความเครียด
4. เมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism)
 - 4.1 เมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism)
 - 4.2 บีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor, BDNF)
5. สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ (Health-related physical fitness)
 - 5.1 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)
 - 5.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength)
 - 5.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance)
 - 5.4 ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility)
 - 5.5 สมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ (Cardiorespiratory fitness)
6. ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability)

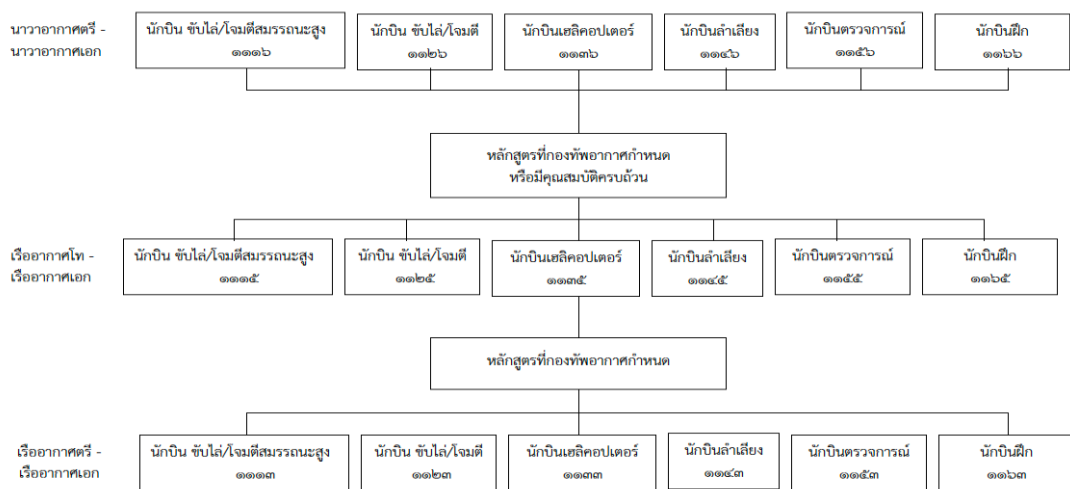
- 6.1 ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability, HRV)
- 6.2 การประเมินความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ
- 7. การออกกำลังกายแบบผสมผสาน
 - 7.1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training; HIIT)
 - 7.2. การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with blood flow restriction, RT-BFR)
 - 7.3. การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and coordination training)
 - 7.4. การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)
- 8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยในประเทศ

1. นักบินกองทัพอากาศและศิษย์การบินกองทัพอากาศ

นักบินกองทัพอากาศ หมายถึง นายทหารสัญญาบัตรจำพวกทหารนักบิน ผู้ที่สอบความรู้ความสามารถได้สำเร็จตามหลักสูตรศิษย์การบินของกองทัพอากาศหรือหลักสูตรการบินที่กองทัพอากาศพิจารณาเทียบเท่าและเป็นข้าราชการทหารประจำการที่ทำการบินตามที่กองทัพอากาศกำหนด นักบินกองอากาศจะมีหน้าที่ทำการบินด้วยตนเอง การวางแผนนโยบายการตรวจการฝึกบิน และปฏิบัติการบินทางยุทธศาสตร์ ยุทธวิธี รับผิดชอบในการตรวจ แนะนำ และบังคับบัญชาผู้ใต้บังคับบัญชาภายในหน่วยของตน ดำเนินการสั่งการบินการดูแลเครื่องบินและอุปกรณ์เครื่องใช้ประกอบการบินให้พร้อมที่จะใช้การได้ และปลอดภัยอยู่เสมอ มีหน้าที่ในการหาทางแก้ไขและปรับปรุงการปฏิบัติงาน การฝึก และการใช้อาวุธ เพื่อการปฏิบัติการยุทธวิธี เช่น การบินปฏิบัติตามภารกิจและชนิดของเครื่องบินที่ตนปฏิบัติการ เทคนิคการบินรบการใช้อาวุธ และเครื่องใช้ประจำเครื่องบิน สอบสวนอุบัติเหตุของเครื่องบิน และตรวจตราเพื่อให้เป็นไปโดยถูกต้องตามระเบียบปฏิบัติเกี่ยวกับนิตยการบิน (กองทัพอากาศ, 2561; กระทรวงการคลัง, 2549)

นักบินกองทัพอากาศจะใช้จากความชำนาญทางทหารหรือความชำนาญของประเภทเครื่องบินที่ทำการบินในการกำหนดประเภทของนักบิน ซึ่งสามารถแบ่งนักบินกองทัพอากาศออกได้เป็น 6 จำพวกได้แก่ นักบินขับไล่โจมตีสมรรถนะสูง นักบินขับไล่โจมตี นักบินเฮลิคอปเตอร์ นักบินลำเลียง นักบินตรวจการณ์ นักบินฝึก ดังรูปที่ 1

นักบินขับไล่โจมตีสมรรถนะสูง หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเครื่องบินขับไล่โจมตี ที่มีความเร็วตั้งแต่หนึ่งเท่าเสียง หรือโครงสร้างของเครื่องบินสามารถทนต่อแรงตั้งแต่ 7 เท่าของแรงโน้มถ่วงโลกขึ้นไป เพื่อการครองอากาศ ลาดตระเวนติดอาวุธ สนับสนุนทางอากาศโดยใกล้ชิด ชัดขวางทางอากาศ ลาดตระเวนทางอากาศ การบินสกัดกั้นและการบินคุ้มกันตามความสามารถของ เครื่องบินขับไล่โจมตี อำนาจการฝึกทางยุทธการ และยุทธวิธีของฝูงบินขับไล่โจมตี บังคับบัญชาฝูงบินขับไล่โจมตี (กระทรวงการคลัง, 2549)



รูปที่ 1 แผนภูมิจำพวกทหาร

ที่มา: กองทัพอากาศ (2561)

นักบินขับไล่โจมตี หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเครื่องบินขับไล่โจมตีเพื่อการครองอากาศ ปฏิบัติงานเกี่ยวกับลาดตระเวนติดอาวุธสนับสนุนทางอากาศโดยใกล้ชิด ชัดขวางทางอากาศ ลาดตระเวนทางอากาศ การบินสกัดกั้นและการบินคุ้มกัน ตามความสามารถของ เครื่องบินขับไล่โจมตี อำนาจการฝึกทางยุทธการ และยุทธวิธีของฝูงบินขับไล่โจมตี บังคับบัญชาฝูงบินขับไล่โจมตี ในงานวิจัยนี้นักบินขับไล่โจมตี หมายถึง นักบินขับไล่โจมตีและนักบินขับไล่โจมตีสมรรถนะสูง

นักบินเฮลิคอปเตอร์ หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเฮลิคอปเตอร์ เพื่อการส่งกำลังบำรุง ค้นหาและช่วยชีวิต การฝึก และภารกิจอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย อำนาจการปฏิบัติการ และการฝึกทางยุทธวิธีของฝูงบินเฮลิคอปเตอร์ บังคับบัญชาฝูงบินเฮลิคอปเตอร์

นักบินลำเลียง หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเครื่องบินลำเลียง และบังคับบัญชาเจ้าหน้าที่ประจำเครื่องบินลำเลียงให้ภารกิจตามที่กำหนดไว้สำเร็จ ได้แก่ การขนส่งทางอากาศ การอพยพ การฝึก และอื่น ๆ อำนาจการปฏิบัติการ และการฝึกทางยุทธวิธีของฝูงบินลำเลียง บังคับบัญชาฝูงบินลำเลียง

นักบินตรวจการณ์ หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเครื่องบินตรวจการณ์ และบังคับบัญชา นักบินเพื่อปฏิบัติการบินตรวจการณ์ ลาดตระเวนทางยุทธวิธี ทำแผนที่ สำรวจทางอากาศด้วย อิเล็กทรอนิกส์ การฝึก และปฏิบัติการอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย อำนาจการปฏิบัติ และการฝึกของ ผุ่่งบินตรวจการณ์ และบังคับบัญชาผุ่่งบินตรวจการณ์

นักบินฝึก หมายถึง นักบินที่ทำการบินกับเครื่องบินฝึก และบังคับบัญชานักบินเพื่อปฏิบัติการ บินฝึกนักบิน และปฏิบัติการอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย อำนาจการปฏิบัติและการฝึกของผุ่่งบินฝึก และบังคับบัญชาผุ่่งบินฝึก

โรงเรียนการบิน หมายถึง โรงเรียนการบิน กำแพงแสน เป็นสถานที่ทำการฝึกบินเพื่อให้เป็น นักบินและเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบการฝึกอบรมศิษย์การบินของกองทัพอากาศ

ศิษย์การบินกองทัพอากาศ หมายถึง นักเรียนที่เรียนหลักสูตรการบินเพื่อเป็นนักบิน กองทัพอากาศ ในงานวิจัยนี้ศิษย์การบินจะหมายถึงศิษย์การบินกองทัพอากาศ

คุณสมบัติของผู้ที่จะเป็นศิษย์การบิน

1) นักเรียนนายเรืออากาศของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชหรือนักเรียนนาย เรืออากาศสำเร็จการศึกษาจากต่างประเทศ

2) เป็นชายโสด

3) อายุไม่เกิน 25 ปี เว้นแต่นักเรียนนายเรืออากาศสำเร็จการศึกษาจากต่างประเทศ ต้องมี อายุไม่เกิน 28 ปี นับอายุถึงปีที่ประกาศรับสมัครเพื่อคัดเลือกเป็นศิษย์การบิน โดยนับอายุตาม พระราชบัญญัติรับราชการทหาร พ.ศ.2497

4) ไม่เคยสมัครเข้ารับการคัดเลือกเป็นศิษย์การบินมาก่อน ยกเว้นนักเรียนนายเรืออากาศที่ไม่ สำเร็จการศึกษาในปีที่เคยสมัครเข้ารับการคัดเลือกเป็นศิษย์การบินแต่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบตาม กรรณวิธีคัดเลือกศิษย์การบินทุกขั้นตอนในปีนั้น

5) ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบตามกรรณวิธีคัดเลือกศิษย์การบินทุกขั้นตอน

6) หน่วยงานที่มีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับการคัดเลือกศิษย์การบินตามกำหนด ได้แก่

6.1) สถาบันเวชศาสตร์การบินกองทัพอากาศ ทำการตรวจสอบสุขภาพร่างกายตามมาตรฐานที่ กองทัพอากาศกำหนด ทำการประเมินองค์ประกอบหลัก 3 ด้าน ได้แก่ เชาวน์ปัญญา (Cognitive domain) บุคลิกภาพ (Affective domain) และทักษะประสาทสัมผัส (Psychomotor domain)

6.2) ศูนย์ทดสอบบุคคล โดยคณะอนุกรรมการด้านการทดสอบบุคคล ทำการทดสอบ องค์ประกอบหลักของบุคคล 2 ด้าน ซึ่งได้แก่ สถิติปัญญาไหวพริบ และวิภาววิสัย

6.3) โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ทำประเมินองค์ประกอบหลักของ บุคคล 5 ด้าน ตลอดระยะเวลาการศึกษาในโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ซึ่งได้แก่

ความรู้ความสามารถทางวิชาการและวิชาชีพทหาร ความรู้ความสามารถภาษาอังกฤษ คุณลักษณะ ผู้นำทหาร ความประพฤติ คุณธรรมจริยธรรม การสร้างชื่อเสียงให้โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินท กษัตริยาธิราช และสมรรถภาพร่างกายของนักเรียนนายเรืออากาศ

ศิษย์การบินแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ศิษย์การบินชั้นประถมและศิษย์การบินชั้นมัธยม หลักสูตรการบินแบ่งออกเป็นปีละ 2 รุ่น รุ่นละประมาณ 30-34 คน ใช้ระยะเวลาการฝึกประมาณ 7-8 เดือนในแต่ละระดับชั้น หลักสูตรประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ภาควิชาการและภาควิชาการ โดยมี หลักสูตรดังนี้

1) หลักสูตรภาคอากาศ ศิษย์การบินชั้นประถม จะทำการฝึกกับเครื่องบินขั้นพื้นฐานด้วย เครื่องบินฝึกแบบ 16ก เรียกว่า“CHICKEN” เป็นเครื่องบินฝึกขนาดเบาเครื่องยนต์เดียวระบบลูกสูบ ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบและมีชั่วโมงบินคนละ 90 ชั่วโมงบิน หลักสูตรภาคอากาศศิษย์การบินชั้น มัธยม ทำการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 เรียกว่า “MUSTANG” หรือ “PC-9” ซึ่งเป็นเครื่องบิน เครื่องยนต์เดียวระบบกังหันใบพัด มีเพดานบินสูงสุดที่ 38,000 ฟุต ขณะทำการจะมีการใช้หน้ากาก ออกซิเจนให้แรงดันบวก (Positive pressure breathing)และชุดต้านแรงจี (Anti-gravity suit)และมีการ ติดตั้งเก้าอี้ติดตัวนักบิน ศิษย์การบินที่ทำการฝึกด้วยเครื่องประเภทนี้จะเข้าบรรจุเป็นนักบิน ประจำการจำพวกนักบินขับไล่/โจมตีสมรรถนะสูงหรือนักบินขับไล่โจมตี เนื่องจากการกับฝึกกับ เครื่องบินฝึกแบบที่ 19 จะมีการทำงานเหมือนกับนักบินขับไล่โจมตี แต่มีการเผชิญกับแรง +Gz ที่ต่ำ กว่า การฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 20 และ 20 ก เรียกว่า “CHARIOT” หรือ “Diamond” ซึ่งเป็น เครื่องบินสองเครื่องยนต์ใบพัด ศิษย์การบินที่ทำการฝึกด้วยเครื่องประเภทนี้ จะเข้าบรรจุเป็นนักบิน ประจำการจำพวกนักบินเฮลิคอปเตอร์ นักบินลำเลียงและนักบินตรวจการณ์ หลักสูตรภาคอากาศศิษย์ การบินชั้นมัธยมมีชั่วโมงบินคนละ 110 ชั่วโมงบิน โดยจะทำการฝึกบินครั้งละ 1-2 ชั่วโมง จำนวน 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยจะทำการบินในช่วงเวลา 7.30-16.00น.

2) หลักสูตรภาควิชาการ ศิษย์การบินชั้นประถมและมัธยมจะได้รับการอบรมวิชาการ ได้แก่ สรีระวิทยาการบิน โครงสร้างอากาศยาน เครื่องยนต์อากาศยาน เครื่องวัดประกอบการบิน อากาศ พลศาสตร์ หลักการบิน เครื่องช่วยเดินอากาศ ภาษาอังกฤษการบิน การติดต่อดิวติและโสตสัญญาณ อุตุนิยมวิทยา กฎและข้อบังคับการบิน การเดินอากาศ สมรรถนะอากาศยาน นิสัยการบิน และการ ทำงานของระบบต่างๆของเครื่องบินฝึกแบบ 16 เครื่องบินฝึกแบบที่ 19 และเครื่องบินฝึกแบบที่ 20 (แมนทรวง สุวรรณ, 2549; องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย, 2564)

2. สมรรถภาพทางกายของนักบินขับไล่โจมตีและศิษย์การบิน

นักบินขับไล่โจมตีในขณะที่ทำการบินจะเผชิญสภาวะแวดล้อมที่กดดันสูง โดยเฉพาะทิศทางการบินที่มีความเร่งด้านแรงโน้มถ่วงโลกในแกน Z หรือ ทิศทางศีรษะ-เท้า (+Gz Acceleration; +Gz)

ที่เป็นปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดการลดลงของความดันในหลอดเลือดสมอง (Cranial hypotension) ที่จะทำให้เกิดการไหลเวียนของเลือดในสมอง (Cerebral blood flow; CBF) และลดการที่เลือดไปเลี้ยงสมอง (Cerebral perfusion) เนื่องจากปริมาณเลือดทั้งหมดไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาตามแรงโน้มถ่วง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการหมดสติจากการเผชิญแรงโน้มถ่วงโลก (G-induced loss of consciousness; G-LOC) (Green et al, 2016) ปริมาณเลือดไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาตามแรงโน้มถ่วง จะทำให้เกิดการลดลงของค่าเฉลี่ยความดันโลหิต (Mean arterial pressure; MAP) ที่ส่งผลทำให้ ปริมาณเลือดที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac output; CO) และปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจจากการบีบตัวหนึ่งครั้ง (Stroke volume; SV) ลดลงภายใน 1-6 วินาทีที่ตั้งแต่เข้าแรง +Gz ทำให้เกิดการลดลงของผลรวมของความต้านทานการไหลของเลือดในระบบไหลเวียนส่วนกายทั้งหมด (Total peripheral resistance; TPR) ที่ส่งผลต่อการกระตุ้นรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ (baroreceptor reflex) ที่เกิดจากการตอบสนองต่อการยืดของผนังหลอดเลือด ทำให้อัตราเต้นของหัวใจ (Heart rate) เพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราเต้นของหัวใจสูงสุดภายใน 15 วินาที ภายหลังการเข้า +Gz (Gradwell and Rainford, 2016)

ความทนต่อแรงโน้มถ่วง (G-Tolerance) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Relaxed G-tolerance และ Straining G-tolerance Relaxed G-tolerance คือ ระดับความทนต่อแรงโน้มถ่วงในขณะพัก ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสมรรถภาพร่างกายทางระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular fitness) ของผู้ถูกทดสอบที่ส่งผลให้ร่างกายสามารถทนต่อแรง +Gz ส่วน Straining G-tolerance คือระดับความทนต่อแรงโน้มถ่วงสูงสุดพร้อมการเพิ่มวิธีการหรืออุปกรณ์ป้องกันแรงโน้มถ่วง เช่น Anti-G suit Anti-G Straining Maneuver (AGSM) และหน้ากากออกซิเจน ให้แรงดันบวก ดังนั้น Straining G-tolerance จึงเป็นการแสดงถึงระดับความทนต่อแรงโน้มถ่วงสูงสุดที่ผู้ทดสอบจะสามารถทำได้ (Bateman et al, 2006) นักบินขับไล่โจมตีทำ AGSM เพื่อลดผลกระทบของการเข้าแรง +Gz วิธีการทำ AGSM คือการเกร็งกล้ามเนื้อขาทั้ง 2 ข้างและกล้ามเนื้อส่วนหน้าท้องร่วมกับการทำ Valsalva maneuver วิธีนี้เป็นวิธีที่ป้องกันการที่เลือดไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาและรักษาระดับปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง (Green et al, 2016) การทำ AGSM จะช่วยการเพิ่มความทนต่อแรง Gz+ โดยเฉพาะการเกร็งกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis จะช่วยรักษาระดับปริมาณเลือดในขณะต้านแรง +Gz (Kobayashi et al, 2002)

เมื่อนักบินขับไล่โจมตีทำยุทธการ ร่างกายจะใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะที่ทำ AGSM ร่วมกับการตอบสนองของระบบระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการต้านแรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้น ดังนั้น นักบินขับไล่โจมตีจึงควรที่จะมีสมรรถภาพร่างกายที่พร้อมทั้งทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) สมรรถภาพร่างกายทางระบบหัวใจและหลอดเลือดเพื่อที่จะได้สามารถรักษาสรรถนะของนักบินในขณะที่ทำยุทธการได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ฝึกการออกกำลังกายแบบการฝึก

ความอดทน (Endurance training) และผู้การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength training) อย่างต่อเนื่อง พบว่าไม่พบความแตกต่างของ Relaxed G-tolerance (Kölegård et al, 2013) นักบินที่มี Relaxed G-tolerance ที่สูงพบว่ามีแรงดันที่ทำให้เกิดการขยายและการไหลเวียนของหลอดเลือดแดงบริเวณของขามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยกว่านักบินที่มี Relaxed G-tolerance ที่น้อยกว่า (Eiken et al, 2012) การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) ในขณะเข้าแรง +Gz พบว่า 3 วินาทีก่อนการเกิด G-LOC พบการลดลงของ สัญญาณ integrated absolute value ในกล้ามเนื้อ Rectus abdominis และกล้ามเนื้อ Lateral Gastrocnemius (Choi et al, 2014) หลังการเข้าการจำลองสถานการณ์การต่อสู้ทางอากาศ (Simulated Air Combat Maneuver; SACM) พบการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่มีอัตราการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้ออยู่ในระดับต่ำ มีค่าเฉลี่ยที่ $0.4 \pm 0.1 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ แต่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณแลคเตทในเลือดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Bain et al, 1992) การเพิ่มขึ้นของแลคเตทในเลือดนั้นสอดคล้องกับการเพิ่มของอัตราเต้นของหัวใจสูงสุดในขณะเข้าแรง +Gz (Burton et al, 1987) นักบินที่มีประสบการณ์น้อยขณะทำ SACM มีความเข้มข้นของปริมาณแลคเตทในเลือดมากกว่าเทียบกับงานวิจัยที่ทดสอบในนักบินที่มีประสบการณ์มาก แสดงว่านักบินที่มีประสบการณ์น้อยอาจจะมีการใช้กำลังที่มากกว่าในขณะการทำ AGSM ทำให้ลดประสิทธิภาพของการทำ AGSM ในนักบินที่มีประสบการณ์น้อยเนื่องจากมีความต้องการทางกายที่มากกว่านักบินที่มีประสบการณ์ในการเข้าแรง +Gz แม้จะไม่ได้ทำ SACM จนหมดแรง (Bain et al, 1992; Slungaard et al, 2019)

การฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสาน 4 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การสร้างความมั่นคงบริเวณ คอ หัวไหล่และลำตัว สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคอ หลัง หน้าท้องและขา สามารถเพิ่มสมรรถภาพสมรรถนะของนักบินจากการลดภาระงานทางร่างกายที่ใช้ในการเข้า +Gz (Slungaard et al, 2019) จากงานวิจัยของ Tu et al. (2020) พบว่าผู้ที่มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดใน 5 วินาทีแรกของการเข้าแรง +9 Gz เพิ่มขึ้นน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการเข้ารับทดสอบ จะมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถคงทนต่อแรงโน้มถ่วงของการทดสอบที่ +9 Gz ได้ แต่ประสิทธิภาพของการทำ AGSM จะช่วยลดข้อจำกัดนี้และเพิ่มแนวโน้มความสามารถคงทนต่อแรงโน้มถ่วงของการทดสอบที่ +9 Gz ได้ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะของนักบินขับไล่โจมตีในการเพิ่มความทนทานของการเข้าแรง +Gz คือ สมรรถภาพทางกายด้านระบบหัวใจและหลอดเลือดที่สามารถตอบสนองให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราหัวใจเต้นในขณะเข้าแรง +Gz และความแข็งแรงและความทนทานต่อการล้าของกล้ามเนื้อในขณะที่ทำ AGSM ที่ส่งเสริมประสิทธิภาพของการทำ AGSM

การทดสอบสมรรถภาพทางกายในผู้ที่สมัครศึกษาการบินกองทัพอากาศ จะทำการทดสอบโดยโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ด้วยการประเมินองค์ประกอบหลักของบุคคลของ

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช 5 ด้าน คะแนนเต็ม 300 คะแนน ประกอบไปด้วย ด้านความรู้ความสามารถทางวิชาการและวิชาชีพทหาร น้าหนักคะแนน 100 คะแนน ด้านความรู้ความสามารถภาษาอังกฤษ น้าหนักคะแนน 50 คะแนน ด้านคุณลักษณะผู้นำทหาร น้าหนักคะแนน 50 คะแนน ด้านความประพฤติ คุณธรรมจริยธรรม และการสร้างชื่อเสียงให้โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช น้าหนักคะแนน 50 คะแนนและด้านสมรรถภาพทางกายน้าหนักคะแนน 50 คะแนน ด้านสมรรถภาพทางกาย กองพลศึกษาจะประเมินด้วยเกณฑ์การทดสอบตามตารางที่ 1 โดยจะประเมินผลองค์รวมจากการจัดทำกรทดสอบสมรรถภาพทางกายทุกภาคการศึกษา (กองทัพอากาศ, 2559)

ตารางที่ 1 เกณฑ์ทดสอบสมรรถภาพร่างกายนักเรียนนายเรืออากาศ

ดึงข้อ		ลุก - นั่ง 2 นาที		ดันพื้น 2 นาที		วิ่ง 600 เมตร		ว่ายน้ำ 50 เมตร	
ครั้ง	คะแนน	ครั้ง	คะแนน	ครั้ง	คะแนน	นาที	คะแนน	วินาที	คะแนน
≥ 18	10	≥ 72	10	≥ 60	10	1 : 00	10	34	10
16 - 17	9	69 - 71	9	55 - 59	9	1 : 05	9	39	9
14 - 15	8	66 - 68	8	50 - 54	8	1 : 10	8	44	8
12 - 13	7	63 - 65	7	45 - 49	7	1 : 15	7	49	7
10 - 11	6	60 - 62	6	40 - 44	6	1 : 20	6	54	6
8 - 9	5	57 - 59	5	35 - 39	5	2 : 00	5	59	5
6 - 7	4	54 - 56	4	30 - 34	4	2 : 05	4	64	4
4 - 5	3	51 - 53	3	25 - 29	3	2 : 10	3	69	3
2 - 3	2	48 - 50	2	20 - 24	2	2 : 15	2	74	2
1	1	45 - 47	1	15 - 19	1	2 : 20	1	79	1
0	0	< 45	0	< 15	0	> 2 : 20	0	> 79	0

ที่มา: กองทัพอากาศ (2559)

การทดสอบสมรรถภาพทางกายของ นักบิน ศิษย์การบิน จะทำการทดสอบปีละ 2 ครั้ง เพื่อให้มีการรักษาและพัฒนาสุขภาพของตนเอง ให้พร้อมที่จะปฏิบัติหน้าที่ราชการได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้สอดคล้องกับสมรรถนะหลักของกองทัพอากาศในด้านความพร้อมในการปฏิบัติภารกิจตามนโยบายสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของทางราชการ โดยจะทำการทดสอบ 3 ประเภท ได้แก่ การดันพื้น (Push-up) การลุกนั่ง (Sit-up) ในเวลา 2 นาที การวิ่ง 2.4 กิโลเมตร ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายจะมีคะแนนด้านละ 100 คะแนน รวมเป็น 300 คะแนน ดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 4 โดยที่นักบินและศิษย์การบินจะต้องที่คะแนนรวมกันทั้ง 3 รายการ ไม่น้อยกว่า 210 คะแนน

ตารางที่ 2 การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศเกณฑ์การให้คะแนนการตีพื้น

เพศ	ชาย				หญิง			
	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60
จำนวนครั้ง / อายุ								
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	3	3	4	4	4	5	11
3	4	5	6	7	7	7	10	21
4	6	7	8	10	10	10	14	30
5	8	9	11	13	13	13	19	40
6	9	11	13	15	16	16	23	50
7	11	13	16	18	19	19	28	53
8	13	15	18	21	22	22	32	55
9	15	17	21	24	26	26	37	58
10	16	19	23	27	29	29	41	60
11	18	21	26	30	32	32	46	63
12	20	23	28	33	35	35	50	65
13	21	26	30	36	38	38	52	68
14	23	28	33	38	41	41	55	70
15	25	30	35	41	44	44	57	73
16	26	32	38	44	47	47	59	75
17	28	34	40	47	50	50	61	78
18	30	36	43	50	53	53	64	80
19	31	38	45	53	56	56	66	83
20	33	40	48	55	59	59	68	85
21	35	42	50	58	62	62	70	88
22	36	44	53	60	65	65	73	90
23	38	46	55	63	68	68	75	93
24	40	48	58	65	71	71	77	95
25	42	50	60	68	74	74	80	98
26	43	52	63	70	76	76	82	100
27	45	54	65	73	79	79	84	
28	47	56	68	75	82	82	86	
29	48	58	70	78	85	85	89	
30	50	60	73	80	88	88	91	
31	52	62	75	83	91	91	93	
32	54	64	78	85	94	94	95	

ที่มา: กองทัพอากาศ (2563)

ตารางที่ 3 การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศ เกณฑ์การให้คะแนนการลุกนั่ง

เพศ	ชาย				หญิง				
	จำนวนครั้ง / อายุ	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	3	3	4	3	4	5	8	
3	4	5	5	6	5	7	9	15	
4	6	6	7	9	7	10	13	22	
5	7	8	10	12	9	13	17	29	
6	9	10	12	15	11	16	21	36	
7	11	12	14	17	13	19	26	43	
8	12	13	16	20	15	22	30	50	
9	14	15	18	23	17	26	34	53	
10	15	17	20	26	19	29	38	55	
11	17	19	22	28	21	32	42	58	
12	18	20	24	31	23	35	46	60	
13	20	22	27	34	26	38	50	63	
14	22	24	29	36	28	41	53	65	
15	23	26	31	39	30	44	55	68	
16	25	27	33	42	32	47	58	70	
17	26	29	35	45	34	50	60	73	
18	28	31	37	47	36	53	63	75	
19	29	33	39	50	38	56	65	78	
20	31	34	41	52	40	58	68	80	
21	33	36	44	55	42	61	70	83	
22	34	38	46	57	44	64	73	85	
23	36	40	48	60	46	67	75	88	
24	37	41	50	62	48	69	78	90	
25	39	43	53	64	50	72	80	93	
26	41	45	55	67	54	75	83	95	
27	42	47	58	69	58	78	85	98	
28	44	48	60	71	63	81	88	100	
29	45	50	63	74	67	83	90		
30	47	52	65	76	71	86	93		
31	48	55	68	79	75	89	95		
32	50	57	70	81	79	92	98		
33	53	59	73	83	83	94	100		
34	55	61	75	86	88	97			
35	58	64	78	88	92	100			

ที่มา: กองทัพอากาศ (2563)

ตารางที่ 4 การทดสอบสมรรถภาพทางกายกำลังพลทหารอากาศเกณฑ์การให้คะแนนการวิ่ง

เพศ	ชาย				หญิง			
	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60	18 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 60
เวลา / อายุ								
7.55 ลงไป	100							
7:56 - 8:00	99							
8:01 - 8:05	98							
8:06 - 8:10	98							
8:11 - 8:15	97							
8:16 - 8:20	96							
8:21 - 8:25	96							
8:26 - 8:30	95							
8:31 - 8:35	94							
8:36 - 8:40	94							
8:41 - 8:45	93							
8:46 - 8:50	92							
8:51 - 8:55	91							
8:56 - 9:00	91							
9:01 - 9:05	90							
9:06 - 9:10	89							
9:11 - 9:15	89	100						
9:16 - 9:20	88	99						
9:21 - 9:25	87	99						
9:26 - 9:30	87	98						
9:31 - 9:35	86	98						
9:36 - 9:40	85	97						
9:41 - 9:45	85	96						
9:46 - 9:50	84	96						
9:51 - 9:55	83	95						
9:56 - 10:00	83	94	100					
10:01 - 10:05	82	94	99					
10:06 - 10:10	81	93	99					
10:11 - 10:15	81	92	98					
10:16 - 10:20	80	92	98					
10:21 - 10:25	79	91	97					
10:26 - 10:30	79	90	96					
10:31 - 10:35	78	90	96					
10:36 - 10:40	77	89	95	100				

ที่มา: กองทัพอากาศ (2563)

การศึกษาสมรรถภาพทางกายในนักบินขับไล่โจมตีและศิษย์การบิน Tomczak and Haponik (2016) ทำการศึกษาในนักบินขับไล่โจมตีของกองทัพอากาศประเทศโปแลนด์จำนวน 120 คน อายุเฉลี่ยที่ 37.13 ± 5.42 ปี พบว่ามีระดับสมรรถภาพทางกายจากการทดสอบสมรรถภาพทาง

กายอยู่ในระดับปานกลาง โดยพบว่ามีการดันพื้นบนม้านั่งเฉลี่ย 37.7 ครั้ง การวิ่งกลับตัวในระยะ 10 เมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 30.3 วินาที ดึงข้อเฉลี่ยที่ 9.1 ครั้ง การลุกนั่งเฉลี่ยที่ 54 ครั้ง ใช้เวลาเฉลี่ยในว่ายน้ำ 50 เมตรที่ 49.2 วินาที โดยสมรรถภาพทางกายจะลดลงตามอายุที่มากขึ้นของนักบินขับไล่โจมตี สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจอยู่ในระดับปานกลาง จากค่าประมาณการความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิง (Astrand-Ryhming test) ที่ 22.73 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ Honkanen et al. (2020) ทำการศึกษาระยะยาวของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อเหยียดเข้าของนักบินขับไล่โจมตีของกองทัพอากาศ ประเทศฟินแลนด์ในขณะที่เป็นศิษย์การบินและกำลังศึกษาในโรงเรียนการบินในขณะศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 ระหว่างปี 2007 – 2016 จำนวน 182 คน จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะที่อยู่นิ่งด้วย Digit Dynamometer พบว่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอลำตัวที่ 82 ± 16 และ 86 ± 17 กิโลกรัม กล้ามเนื้อเหยียดลำตัวที่ 117 ± 21 และ 120 ± 19 กิโลกรัม และกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่ 220 ± 42 และ 232 ± 42 กิโลกรัม ความทนทานของกล้ามเนื้อลำตัวจากการทดสอบการลุกนั่งที่ 47 ± 12 และ 51 ± 13 ครั้งต่อนาที ในปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งกำลังกล้ามเนื้อขาที่มากที่สุดที่ทดสอบในขณะที่อยู่นิ่งเป็นปัจจัยหลักที่แสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและสะโพกที่เพียงพอต่อการปฏิบัติภารกิจ โดยเฉพาะในนักบินขับไล่โจมตี ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวนั้นเป็นปัจจัยในการป้องกันการเกิดอาการบาดเจ็บของหลังที่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบสำหรับนักบินขับไล่โจมตีสมรรถนะสูงและการประเมินสมรรถภาพทางกายของศิษย์การบินได้

3. การรู้คิด (Cognitive function) และความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue)

3.1 การรู้คิด (Cognitive function) เป็นความสามารถของสมอง ความรู้เขาวินิจฉัย ความคิด จินตนาการ การวางแผน การใช้เหตุผลและการแก้ปัญหา (วิฑูรย์ กล่อกระโทก และ ประสิทธิ์ พุทธศาสน์ศรีทธา, 2560) การรู้คิดประกอบไปด้วย สมาธิ (Attention) การบริหาร (Executive functions) มิติสัมพันธ์ (Spatial orientation) การเรียนรู้และความจำ (Learning and memory) ความเข้าใจภาษา (Language) การรู้คิดทางสังคม (Social cognition and emotions) (Reger et al, 2004; Sachdev et al, 2014; Harvey, 2019) ที่ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่ส่งผลต่อทักษะของการรู้คิด ได้แก่ ความเร็วในการประมวลผล (Processing speed) และความคล่องทางภาษา (Verbal fluency) (Jin et al., 2019)

3.1.1 การรู้คิดด้านสมาธิ เป็นการรู้คิดที่มีลักษณะโครงสร้างหลากหลาย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ การเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) ความสามารถที่จะคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention or Vigilance) ตัวอย่างการทดสอบ

สมาธิ ได้แก่ Psychomotor vigilance test เป็นการทดสอบระยะเวลาการตอบสนองที่ใช้สำหรับการประเมินความเร็วที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากการมองเห็น Digit Span เป็นการทดสอบการรู้คิดด้านความจำร่วมกับด้านสมาธิ เป็นต้น

3.1.2 การรู้คิดด้านด้านการบริหารจัดการ เป็นทักษะด้านการใช้เหตุผลและการแก้ปัญหา เป็นขบวนการที่ควบคุมทักษะความสามารถของการรู้คิดด้านอื่นที่จะทำให้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนการใช้ทรัพยากรทางการรู้คิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการทดสอบ เช่น Stroop Color-Word Test คือ การทดสอบการตอบสนองที่ต่อสิ่งเร้าที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกัน Tower of London เป็นการทดสอบทดสอบการรู้คิดด้านด้านการบริหารจัดการทางด้านการวางแผน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยสำคัญของความจำแบบบริหารประกอบด้วย การยับยั้ง (การควบคุมตนเอง การต้านทานต่อสิ่งเร้า การต้านทานจากการตอบสนองอย่างกะทันหัน) การควบคุมสิ่งแทรกแซง (การรู้คิดสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและการยับยั้งการรู้คิด) และความจำปฏิบัติการ เป็นต้น (Diamond, 2013)

3.1.3 มิติสัมพันธ์ (Spatial orientation) เป็นทักษะการเชื่อมโยงของการมองเห็นให้สอดคล้องกับการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนไหว ตัวอย่างการทดสอบ ได้แก่ Mental rotation test คือความสามารถในการหมุนภาพใน 2 หรือ 3 มิติ Clock Drawing test และ Block Design ที่เป็นทดสอบการเชื่อมโยงของการมองเห็นกับทักษะการเคลื่อนไหวด้วยการจัดเรียงกล่องรูปภาพให้ประกอบเป็นตามแบบรูปภาพที่กำหนด เป็นต้น

3.1.4 การเรียนรู้และความจำ เป็นทักษะที่มีความซับซ้อนที่สุดของการรู้คิด ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) คือ ความสามารถที่จะจดจำข้อมูลเพื่อนำไปใช้งาน ข้อมูลที่ได้รับเป็นได้ทั้งข้อมูลที่เป็นคำพูดหรือไม่เป็นคำพูดก็ได้ จากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้รับมาลงรหัส (Encoding) นำเข้าเก็บข้อมูล (Storage) เพื่อที่จะสามารถเรียกความจำขึ้นมาเป็นความจำระยะยาว และสามารถที่จะเรียกข้อมูลจากความจำที่เก็บไว้ออกมาใช้งานได้ (Retrieval) N-Back task คือ การทดสอบความทรงจำขณะปฏิบัติการแบบต่อเนื่อง โดยการจดจำตัวอักษร หรือรูปภาพก่อนหน้าตามจำนวนที่กำหนดหรือ Digit Span Test คือ การจดจำการเรียงตัวเลขโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบ พูดตัวเลขที่ให้จำแบบเรียงตามตัวเลขหรือการทวนตัวเลข เป็นต้น การเพิ่มความจำในการจำแนกสิ่งที่คล้ายกัน (interference) นั้นส่งผลต่อการรู้คิดสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เนื่องจากค้นหาเป้าหมายอย่างง่าย (ค้นหาเป้าหมายแต่ไม่ได้ทำการเลือกเนื่องจากไม่มีเป้าหมาย) จะไม่กระตุ้นความจำแบบจำแนกสิ่งที่คล้ายกัน แต่การค้นหาเป้าหมายที่ต้องทำการเลือก (ค้นหาเป้าหมายโดยพบเป้าหมาย) จะกระตุ้นความจำแบบจำแนกสิ่งที่คล้ายกัน ซึ่งการเลือกหนึ่งเป้าหมายจากที่มีแสดงอยู่มากกว่าหนึ่ง จะใช้การรู้คิดสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยไม่ต้องทำการค้นหา ซึ่งจะมี

ลักษณะเดียวกับการค้นหาเป้าหมายอย่างง่ายที่มีการรู้คิดสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เพียงพอที่จะจำแนกพร้อมกับการทำความเข้าใจในสมอง (Hamblin-Frohman and Becker, 2023)

3.1.5 ความเข้าใจภาษา เป็นทักษะที่ใช้สำหรับการรับข้อมูลและความสามารถที่จะเข้าใจในภาษา การเข้าใจในความหมายของภาษา (Semantic memory) ทำให้สามารถระบุชื่อสิ่งของ และตอบสนองต่อคำแนะนำที่เป็นคำพูดได้ ตัวอย่างการทดสอบ เช่น Boston Naming Test, Reading IQ Equivalent เป็นต้น

3.1.6 ด้านการรู้คิดทางสังคม เป็นทักษะที่สามารถจดจำอารมณ์ พฤติกรรมทางสังคม รวมถึงทฤษฎีจิต (Theory of mind) ที่ประกอบไปด้วย จิตสำนึก (Conscious mind) จิตก่อนสำนึก (Preconscious mind) และจิตไร้สำนึก (Unconsciousness mind) ตัวอย่างการทดสอบ ได้แก่ Emotional perception test เป็นต้น

3.2 ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) เป็นลักษณะที่เกิดจากการใช้กิจกรรมของการรู้คิดเป็นระยะเวลานาน และมีลักษณะที่ทำให้เกิดอาการล้าหรือการหมดพลังงาน (Boksem and Tops, 2008) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของการทำงานของรู้คิดลดลง ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้จากการทดสอบการรู้คิดที่มีจำนวนครั้งของความผิดพลาดและระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดนั้นสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนในสมองที่ลดลงจากการทดสอบด้วย Functional Near Infrared (fNIR) (Izzetoglu et al., 2004; Aghajani et al., 2017) การทำงานหลายอย่างพร้อมกัน (Multitasking) นั้นจะส่งผลให้มีการเพิ่มการทำงานของขบวนการประมวลผลข้อมูล (Information processing) ที่สามารถทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้ คนที่มีทรัพยากรทางการรู้คิด (Cognitive resource) ที่จำกัดจะพบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดมากกว่าคนที่ทรัพยากรทางการรู้คิดสูงกว่า (Kudesia et al., 2022) จากการศึกษาก่อนหน้านี้ การทดสอบการรู้คิดจะเป็นการทดสอบที่ใช้สถานการณ์จำลองเพื่อศึกษาผลของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Izzetoglu et al., 2004; Aghajani et al., 2017; Borrigan et al., 2017; O’Keeffe et al., 2020) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของการทำงานในนักบินที่จะใช้การจำลองสถานการณ์แทนการเก็บข้อมูลในสถานการณ์จริงเพื่อป้องกันความเสี่ยงและรักษา নিরภัยทางการบินรวมทั้งการใช้ทรัพยากรให้ได้ประโยชน์สูงสุด จากการศึกษาพบว่า การบินขึ้น-ลงของนักบินจะเป็นการที่นักบินต้องมีการใช้การทำงานหลายอย่างพร้อมกัน ได้แก่ การทำงานของสมองพร้อมกับการเคลื่อนไหวมือและเท้าในการทำการบิน การประสานกับเจ้าหน้าที่ควบคุมทางอากาศ การทดสอบนักบินที่ทำการบินขึ้น-ลงหลายครั้งจะมีระยะเวลาการตอบสนองเพิ่มมากขึ้น เพิ่มระดับความเหนื่อยล้า มีการลดระดับการเคลื่อนไหวของตา (Eye movement) ซึ่งแสดงถึงความเหนื่อยล้าที่มากขึ้นเมื่อทำงานหลายอย่างพร้อมกันเป็นระยะเวลาหนึ่ง (Naeri and Kang, 2018) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดอาจจะแสดงจากการที่ร่างกายไม่สามารถคงความสามารถปกติของการรู้คิดได้ในช่วง

ระยะเวลาสั้นๆ ทำให้จะต้องมีการใช้ความพยายามในการรักษาความรู้คิดเพื่อที่จะได้ผลลัพธ์ของการทำงานที่ลดน้อยลงหรือมีความแตกต่างจากความสามารถปกติ (Holtzer et al., 2011) หลังการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ผู้เข้ารับการทดสอบจะรู้สึกมีความเหนื่อยล้าของการรู้คิด โดยจะแสดงจากระยะเวลาการตอบสนองและจำนวนครั้งที่ผิดพลาดที่เพิ่มมากขึ้น จากการใช้ความคิดในงานแบบ ไป/ไม่ไป (Go/NoGo task) จะมีความเหนื่อยล้าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้ระยะเวลาในการทำงานเป็นระยะเวลาหนึ่ง (Time on task) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะจำกัดการทำงานแบบจากการกระตุ้นแบบ ไม่ไป (NoGo) ส่งผลให้เกิดการตอบสนองที่ช้าลงของทั้งการกระตุ้นแบบไป (Go) และไม่ไป ดังนั้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะลดประสิทธิภาพของการประเมินความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการลดขบวนการการยับยั้ง ที่ส่งผลให้มีการลดขบวนการตอบสนองและทำให้มีการตอบสนองที่ช้าลง (Kato et al., 2009) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการตัดสินใจที่มีผลมาจากขบวนการทางความคิด ได้แก่ การรับรู้ความพยายามของการทำงาน ผลประโยชน์และมูลค่าหรือความพยายามที่จะต้องใช้ จากการวิจัยของ Harris and Bray (2021) พบว่าประสบการณ์จากที่เผชิญการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่สูงอาจจะส่งผลต่อการรับรู้การใช้ความพยายามที่เพิ่มขึ้นในขบวนการออกกำลังกายได้ จึงทำให้เกิดการด้อยค่าและลดประโยชน์และมูลค่าของการออกกำลังกาย ส่งผลให้เกิดการลดและเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจที่จะออกกำลังกายจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้

การจำลองสถานการณ์การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด จะเป็นการทดสอบการรู้คิดด้วยการทำงานสองอย่างในเวลาเดียวกัน (Dual task) เป็นการทดสอบการทำงานของสมองพร้อมกับถูกรบกวนการประมวลผลข้อมูลของสมองด้วยงานอย่างอื่นที่ 2 การจำลองสถานการณ์การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด จะทำการทดสอบด้วย Time Load Dual Back Task (TloadDBack) เป็นการทดสอบที่ถูกพัฒนาโดย Guillermo Borragan ในปี 2558 ที่สามารถกระตุ้นให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้ TloadDBack เป็นงานของการรู้คิดการรู้คิดแบบที่ทำงาน 2 อย่าง คือ ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) ด้วยงานแบบ N-Back ซึ่งเป็นงานที่จะต้องเปรียบเทียบภาพที่เห็นกับภาพที่อยู่ก่อนหน้านั้นไป 1 ภาพ สลับกับการงานตัดสินใจทางตัวเลขที่มีความหนักงานเท่ากัน (Parity number decision task) ซึ่งเป็นงานที่ตัดสินใจว่าที่มองเห็นอยู่เป็นตัวเลขคู่หรือเลขคี่ ที่จะทำให้มีการเรียกใช้งานพื้นที่ของสมองสำหรับการทำงานด้านการเรียนรู้และความจำเพิ่มมากขึ้น การใช้งานของสมองที่มีระยะเวลาจำกัดจะเพิ่มภาระงานของการรู้คิด (Cognitive workload) ที่จะส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่เพิ่มสูงขึ้น (Borragan et al, 2017)

การทดสอบด้วย TloadDBack เป็นการทดสอบเป็นระยะเวลา 16 นาที ที่ประกอบด้วยฐาน (Block) กระตุ้นด้วยอักษรแบบ Arial ขนาด 120 เป็นอักษรภาษาอังกฤษจำนวน 30 ตัวและตัวเลข 30 ตัว ที่ถูกแสดงบนหน้าจอสลับกันและมีการวนฐานซ้ำไปจนครบ 16 นาที ผู้ทดสอบจะใช้มือซ้ายกด

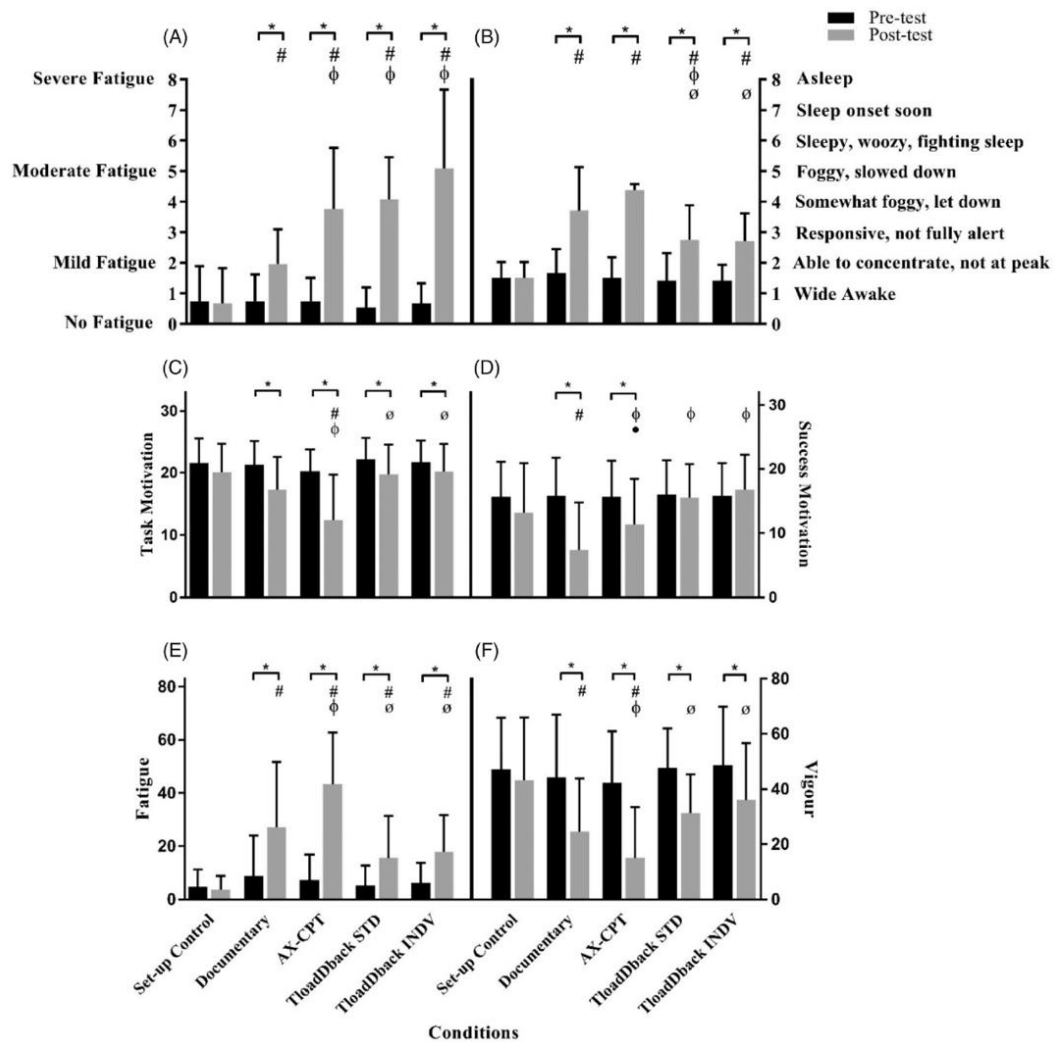
แป้นพิมพ์เว้นวรรค (Spacebar) เมื่อตัวเห็นอักษรที่แสดงบนหน้าจอซ้ำกับตัวที่อยู่ก่อนหน้านั้นไป 1 ตัว และจะใช้มือขวาในการตัดสินใจตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอโดยจะกดแป้นพิมพ์ตัวเลข 2 เมื่อตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเป็นตัวเลขคู่และกดแป้นพิมพ์ตัวเลข 3 เมื่อตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเป็นตัวเลขคี่ การทดสอบ TloadDback มี 2 รูปแบบจากความเร็วในการเปลี่ยนตัวอักษร TloadDback แบบมาตรฐาน (Standardized TloadDback) จะมีความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ 1,200 มิลลิวินาที และการทดสอบ TloadDback เฉพาะบุคคล (Individualized TloadDback) มีความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของการกระตุ้นของแต่ละคน (Fastest stimulus time duration; STD) ที่ทำให้ประสิทธิภาพของความแม่นยำมีค่ามากกว่าร้อยละ 85 ค่า STD จะทำการประเมินความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของการกระตุ้นของแต่ละคน จะประเมินในรูปแบบของการทดสอบ TloadDback ในฐานเริ่มต้นที่มีความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ 1400 มิลลิวินาที จากนั้นจะทำการเพิ่มการทำงานของความรู้คิดด้วยการลดความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรของแต่ละฐานลง 100 มิลลิวินาทีไปเรื่อยๆ ระหว่างฐานสามารถพักก่อนที่จะเริ่มทำต่อไป จนได้ STD ที่ทำให้ประสิทธิภาพของความแม่นยำมีค่ามากกว่าร้อยละ 85 จะใช้ระยะเวลาประมาณ 40 นาที เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบ TloadDback กับวิธีการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอื่น พบว่า TloadDback ที่ออกแบบเฉพาะในแต่ละบุคคลจะสามารถกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ได้มากกว่าการทดสอบอื่นเมื่อประเมินด้วย ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue visual analog scale) โดยที่การทดสอบอื่นมีระยะเวลาการทดสอบที่นานกว่าและทำให้เกิดความเบื่อและง่วงนอนได้มากกว่า เช่น สอบ AX-continuous performance test ที่ใช้เวลาในการทดสอบ 90 นาที ดังรูปที่ 2 (O'Keeffe et al, 2020)

3.3 การรู้คิดและความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในนักบิน

จากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องความสามารถของนักบินขับไล่โจมตี ความสามารถของนักบินขับไล่โจมตี ที่พิจารณาจาก KSAOs จากการทบทวนวรรณกรรมของ Damos et al. (2011) พบว่า 2 ความสามารถที่หลักที่สำคัญของนักบินขับไล่โจมตี คือ มิติสัมพันธ์ (Spatial Orientation) และ การรับรู้ความเร็ว (Perceptual speed) แต่ก็ยังมีการให้ความสำคัญด้านอื่น เช่น ทักษะเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Numerical/Quantitative ability) การบริหารงานหรือการทำงานหลายอย่างไปพร้อมกัน (Task management: Multi-tasking) ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของร่างกายพร้อมกัน (Multi-Limb coordination) การเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) ความถนัดทางกลไก (Mechanical aptitude) การตระหนักรู้ในสถานการณ์ (Situation awareness)

การสำรวจนักบินกองทัพอากาศประเทศสหรัฐอเมริกา ระดับคะแนนระหว่าง 0 ถึง 5 คะแนน โดยที่ 0 คือสัมพันธ์น้อย 5 คือสัมพันธ์มาก พบว่า การตระหนักรู้ในสถานการณ์ (Situation

awareness) มิตีสัมพันธ์ (Spatial Orientation) การบริหารงานหรือการทำงานหลายอย่างไปพร้อมกัน (Task management: Multi-Tasking) และความจำ (Memorization) ดังตารางที่ 5 เป็นความ



รูปที่ 2 การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

ที่มา: O’Keeffe et al (2020)

สามารถทางการรู้คิดที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของนักบินที่ได้รับคะแนนสูงสุดความสามารถทางทักษะพิสัย (Psychomotor ability) ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของนักบิน ประกอบด้วย การควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ (Rate control) เวลาปฏิกิริยาตอบสนองแบบทางเลือก (Choice reaction time) ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของมือและตา (Hand/eye coordination) ทักษะในการหยิบจับสิ่งของขนาดเล็ก (Finger Dexterity) ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของร่างกายพร้อมกัน

(Multi-Limb coordination) และความสามารถในการรักษาความคงที่ของแขนและมือ (Arm-hand steadiness) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางการรู้คิดที่สัมพันธ์กับคุณสมบัติของนักบิน

Ability	Average Rating
Situational Awareness	4.88
Spatial Orientation	4.83
Task Management (Multi-Tasking)	4.74
Memorization	4.71
Listening Comprehension	4.69
Mathematical Computation	4.38
Perceptual Vigilance	4.37
Reading Comprehension	4.24
Oral Expression	4.12
Visualization	4.11
Deductive Reasoning	3.90
Inductive Reasoning	3.86
Pattern Recognition	3.62
Mathematical Reasoning	3.56
Written Expression	3.32

ที่มา: Damos et al. (2011)

ตารางที่ 6 ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถทางทักษะพิสัยที่สัมพันธ์กับคุณสมบัติของนักบิน

Psychomotor Ability	Average Rating
Rate Control	4.45
Choice Reaction Time	4.33
Hand/Eye Coordination	4.31
Finger Dexterity	4.22
Multi-Limb Coordination	3.86
Arm-Hand Steadiness	3.51

ที่มา: Damos et al. (2011)

การสำรวจนักบินขับไล่โจมตีกองทัพอากาศประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความสามารถของนักบินขับไล่โจมตีจำนวน 28 ชนิดที่เกี่ยวข้องกับงานหลัก ดังตารางที่ 7 พบว่า ทักษะทางการรู้คิดด้านความจำ การรับรู้ความเร็ว (Perceptual speed) การเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) การแบ่งความสนใจ (divided attention) และมิติสัมพันธ์ (เป็นความสามารถหลักของนักบินขับไล่โจมตีที่ได้รับการให้คะแนน 5 อันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินทางสรีรวิทยา ในขณะที่ทำการบินพบว่าการรู้คิดด้านสมานินั้นมีความสำคัญในขณะที่ทำการบินทั้งการนำเครื่องบินขึ้น

และการทำการบินของนักบินขับไล่โจมตี โดยพบว่าความสามารถในการใช้มาตรวัดเพื่อการนำเครื่องขึ้นและการรู้คิดด้านสมานินั้นมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งคาดว่าการศึกษาการรู้คิดด้านสมานินั้นกับการอ่านมาตรวัดน่าจะเป็นวิธีการฝึกที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มสมรรถนะนักบินในขณะนำเครื่องขึ้น การทดสอบด้วยอุปกรณ์ประเมินทางสรีรวิทยาหลายชนิดไปพร้อมกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography; EEG การประเมิน Square root of the mean of the squares (rMSSD) จากความผันแปรอัตราหัวใจเต้น (Heart rate variability; HRV) จะสามารถช่วยประเมินลักษณะของธรรมชาติของพฤติกรรม (Biological behavior signal) ในนักบินในขณะทำการบินในสถานการณ์จำลองได้ (Wang, Gong et al., 2020; Shao et al., 2021)

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนเฉลี่ยความสามารถของนักบินขับไล่โจมตีที่สัมพันธ์กับงานในหน้าที่หลัก

Ability	Average Rank Order	Average Rating
Situational Awareness	2	4.44
Timesharing	3	4.43
Memorization	4	4.42
Perceptual Speed	6	4.37
Selective Attention	7	4.29
Divided Attention	9	4.19
Spatial Orientation	10	4.14
Response Orientation	11	4.13
Flexibility of Closure	12	4.12
Information Ordering	13	4.04
Psychomotor Coordination	14	3.95
Control Precision	18	3.59
Oral Comprehension	20	3.37
Oral Expression	21	3.35
Visualization	22	3.21
Written Comprehension	23	3.00
Number Facility	24	2.70
Rate Control	26	1.54
Written Expression	27	1.23

ที่มา: Damos et al. (2011)

นักบินขับไล่โจมตีในขณะทำการบินจะเผชิญสภาวะแวดล้อมที่มีกดดันสูง ทั้งจากภาระงานทางยุทธการ ภาระงานในการทำการบินร่วมกับการเผชิญกับแรง +Gz ที่เป็นปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดการลดลงของความดันในหลอดเลือดสมอง ลดการไหลเวียนของเลือดในสมอง ความล่าช้าของนักบินที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการลดลงต่อประสิทธิภาพของการทำงาน ลดการรู้คิด ทำให้ลดการตระหนักรู้ในสถานการณ์ และปฏิกิริยาการตอบสนอง (Reaction time) ที่ช้าลงในขณะทำการบิน การปฏิบัติการที่มีตารางเวลาไม่แน่นอนจะยิ่งส่งผลต่อการเกิดความเหนื่อยล้าในขณะทำการบินที่เพิ่มมากขึ้น (Miller

and Melfi, 2006) ซึ่งความเหนื่อยล้าที่เกิดขึ้นสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานและทำให้เกิดการทำงานที่ผิดพลาดของนักบินได้ (Neville et al., 1994)

ภาระงานของนักบินสามารถประเมินได้จาก ภาระงานด้านจิตใจ (mental workload) ภาระงานที่สูงจะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของนักบิน ประสิทธิภาพของการทำการบินและการรู้คิด ภาระงานที่สูงจะส่งผลกระทบต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและการตัดสินใจได้ การประเมินภาระงานด้านจิตใจมีรูปแบบการประเมินที่หลากหลาย ทั้งแบบนามธรรม (Subjective) เช่น National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index (NASA-TLX) และรูปธรรม (Objective) เช่น การประเมินการเคลื่อนไหวของตา (Eye movement tracker) และความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) การประเมินภาระงานด้านจิตใจของนักบินนั้นสามารถนำไปทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริงได้ การประเมินที่มี NASA-TLX ที่สูง จำนวนการกระพริบตาที่เพิ่มมากขึ้นและค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่มองที่ลดลงนั้นแสดงถึงระดับภาระงานที่เพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของภาระงานของการรู้คิดสัมพันธ์กับความถี่การกระพริบตาที่มากขึ้น ภาระงานของการรู้คิดที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ (R-R interval), ความแปรปรวนช่วงความถี่ต่ำ (Low frequency) และอัตราส่วนระหว่างความถี่ต่ำกับความถี่สูง (LF/HF) ในขณะที่มีช่วงความถี่สูง (High frequency) จะมีค่าลดลงจากการประเมินด้วย HRV จากภายหลังการฝึกปฏิบัติการตัดสินใจจากการเข้าจำลองสถานการณ์ในนักบินพบว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากของ Square root of the mean of the squares (RMSSD) และ LF/HF ratio ดังนั้น RMSSD และ LF/HF ratio สามารถนำไปใช้ประเมินระดับของความสามารถของพฤติกรรมในการตัดสินใจในนักบินได้ (Summerfield et al, 2018; Liu et al, 2020; H. Wang, Jiang et al, 2020)

การลดลงของการรู้คิดในนักบินที่แสดงถึงความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเกิดได้จากหลายสาเหตุ การจำลองสถานการณ์การเข้า +Gz ที่มีระยะเวลาของการทดสอบทั้งหมด 6 นาที พบการลดลงของแม่นยำของการรู้คิดและมีระยะเวลาตอบสนองที่นานขึ้นทันทีหลังการเข้า +Gz (Tripp et al., 2006; Ercan and Gunduz, 2020) การทำการบินที่มีการบินขึ้นลงหลายครั้งในระยะเวลาการทำงาน 5 ชั่วโมง จำนวน 5 วันต่อสัปดาห์ ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ทำให้ระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ลดความตื่นตัวและความแม่นยำของมิติสัมพันธ์ของมือและเท้า (McMahon and Newman, 2018) การจำลองสถานการณ์การบินที่มีภาระงานที่สูงจากทำการบินที่มีการขึ้นบินและลงจอดจำนวน 4 ครั้งในระยะเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการตอบสนองของระดับการรู้คิดด้านสมาธิ แบบที่จะคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) มากกว่าการทำการบินที่มีภาระงานที่น้อยกว่าจากการทำการบินที่มีการขึ้นบินและลงจอดจำนวน 1 ครั้ง (Naeri and Kang, 2018) การจำลองสถานการณ์การบินของเครื่องบินยาส 39 กริพเพน (JAS 39 Gripen) เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง พบการลดลงของสมาธิและความตื่นตัว จากการทดสอบ

ด้วย Psychomotor vigilance test โดยมีระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มมากขึ้นของสมาธิและมิติสัมพันธ์ จากการทดสอบด้วย Mental rotation test ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 ของการทดสอบและมีการเพิ่มขึ้นตลอดการทดสอบ (Rosa et al., 2020)

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถของการรู้คิด

3.4.1 จังหวะเซอร์คาเดียน (Circadian Rhythms)

มนุษย์จะมีการสับเปลี่ยนสภาวะของร่างกายตลอดเวลาที่เรียกว่าจังหวะทางชีวภาพ (Biological rhythms) ซึ่งจังหวะนี้เป็นผลมาจากความถี่ของวงจรที่เกิดการเปลี่ยนแปลง แบบเซอร์คาเดียน (Circadian) ที่เป็นแบบหนึ่งวงจรต่อวัน อัลตราเดียน (Ultradian) ที่เป็นแบบหลายวงจรต่อวัน จังหวะเซอร์คาเดียนนั้นมีการพบมากในการทำงานของร่างกาย ประกอบด้วย อุณหภูมิของร่างกาย การหลั่งของฮอร์โมน การทำงานของหัวใจ การทำงานของปอด กิจกรรมทางเมตาบอลิซึม ระบบประสาท วงจรการนอนและตื่นนอน ความหลากหลายของเซอร์คาเดียนจะพบในความรู้สึกรู้สึกของการตื่นตัวและการง่วงนอน ในช่วงกลางวันจะพบการตื่นตัวที่สูงและความง่วงนอนที่ต่ำซึ่งจะตรงกันข้ามกับในเวลากลางคืน ความหลากหลายของเซอร์คาเดียนจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานได้หลายประเภท เช่น การรับรู้ความรู้สึก (Sensory) การเคลื่อนไหว (Motor) ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) การคาดคะเนเวลา (Time estimation) ความจำ (Memory task) การพูด (Verbal task) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic calculation) และการจำลองสถานการณ์การขับรถ (Simulating driving task) ประสิทธิภาพการทำงานจะเพิ่มขึ้นในระหว่างวันและลดลงในเวลา กลางคืนและยังขึ้นกับขบวนการความสมดุลของร่างกาย (Homeostasis process) ที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของการทำงานซึ่งสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ตื่น (การอดนอน) ในขณะที่การนอนจะช่วยฟื้นฟูประสิทธิภาพการทำงานได้ ประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์นั้นอาจจะเป็นผลมาจากจังหวะเซอร์คาเดียนในขบวนการทำงานของการรู้คิดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการทำงานทั้งหมด จังหวะในการทำงานของการรู้คิดมีการพบใน 3 ขบวนการพื้นฐานของประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological process) ได้แก่ สมาธิ (Attention) ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) และการคิดเชิงบริหาร (Executive function) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการดำเนินการของงานต่างๆ ระหว่างวันคนปกติจะมีช่วงที่มีประสิทธิภาพของการทำงานของการรู้คิดที่ส่งผลมาจากจังหวะเซอร์คาเดียนในเวลา 10.00-14.00น. และช่วง 16.00-22.00น. แต่อย่างไรก็ตามในบางคนหรือในผู้ป่วยทางสมองจะมีระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพของการทำงานของการรู้คิดที่ส่งผลมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ลักษณะช่วงเวลาของแต่ละบุคคล (Chronotype) อายุ ความผิดปกติของจังหวะเซอร์คาเดียน การอดนอน ความผิดปกติของร่างกายและการได้รับยาบางประเภท (กรมสุขภาพจิต, 2563a; Valdez et al, 2012)

แบบสอบถาม Morningness – Eveningness เป็นแบบสอบถามเพื่อการประเมินตัวเอง ใช้สำหรับการประเมินจังหวะเซอร์คาเดียนของแต่ละบุคคล เป็นแบบสอบถามที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถือภายใต้ขอบเขตการตอบสนองทางกายภาพ แบบสอบถามจะมีระดับคะแนนระหว่าง 16 – 86 คะแนน ผลของแบบสอบถามจะจำแนกตามคะแนน คะแนนน้อยกว่าเท่ากับ 41 คือคนที่เหมาะทำงานในช่วงค่ำ (Evening type) คะแนนมากกว่าเท่ากับ 59 คือ คนที่เหมาะทำงานในช่วงเช้า (Morning type) คะแนนระหว่าง 42 -58 คือ คนที่เหมาะทำงานระหว่างกลาง (Intermediate type) นอกจากนี้ระดับคะแนนยังสามารถแบ่งช่วงเวลานอนหลับและช่วงเวลาตื่นรื้อออกเป็น 5 ช่วงเวลา ดังตารางที่ 8 ในคนที่เข้านอนก่อนเวลา 21.00น. หรือหลัง 3.00น. และตื่นนอนก่อน4.00น. หรือหลัง 11.30น. ควรได้รับคำแนะนำให้เข้าพบแพทย์เพื่อตรวจประเมินและเพื่อพิจารณาการรักษาที่เหมาะสมต่อไป แบบสอบถามนี้ได้ทำการแปลเป็นภาษาไทยโดย พิเชฐ อุดมรัตน์และคณะ (2550) ซึ่งพบว่าสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างบุคคลเพื่อใช้สำหรับการจำแนกคนไทยที่ทำงานเป็นกะแบบสอบถาม Morningness – Eveningness สามารถใช้เพื่อประเมินเวลาที่เหมาะสมของผู้เข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด โดยจะทำการจัดตารางเวลาให้ตรงกับเวลาที่เหมาะสมในแต่ละบุคคลเพื่อป้องกันปัจจัยแทรกซ้อนของที่เกิดจากจังหวะเซอร์คาเดียน (Borragen et al, 2017; O’Keeffe et al, 2020)

ตารางที่ 8 ระดับคะแนนช่วงเวลานอนหลับและช่วงเวลาตื่นรื้อของแบบสอบถาม

Morningness – Eveningness

Score	16-30	31-41	42-58	59-69	70-86
Sleep onset	2:00-3:00 AM (02:00-03:00 h)	12:45-2:00 AM (00:45-02:00 h)	10:45 PM-12:45 AM (22:45-00:45 h)	9:30-10:45 PM (21:30-22:45 h)	9:00-9:30 PM (21:00-21:30 h)
Wake-up	10:00-11:30 AM (10:00-11:30 h)	8:30-10:00 AM (08:30-10:00 h)	6:30-8:30 AM (06:30-08:30 h)	5:00-6:30 AM (05:00-06:30 h)	4:00-5:00 AM (04:00-05:00 h)

ที่มา: Terman and Terman (2005)

3.4.2 การนอนและคุณภาพการนอน

การนอนหลับนั้นเป็นกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ ในขณะที่นอนหลับร่างกายจะมีการลดของสมาธิและการรู้สึกตัว ที่ส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกาย ในปัจจุบันนี้มีความเชื่อว่าการที่มีคุณภาพการนอนหลับไม่ดี เช่น การนอนหลับยาก การตื่นในตอนหลับหลายครั้งหรือการความรู้สึกเหนื่อยล้าในระหว่างวัน จะสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของประสิทธิภาพของการรู้คิด โดยเฉพาะเมื่อมีอายุมากขึ้นจะพบว่ามีความถี่ของชั่วโมงการนอนและคุณภาพการนอนหลับลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของจังหวะเซอร์คาเดียน ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความง่วงนอนใน

ระยะเวลากลางวันและลดความสามารถในการจัดการความเครียด ได้ จากการศึกษาของ Gildner et al (2014) พบว่าระยะเวลาอนนระดับปานกลาง (มากกว่า 6 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 9 ชั่วโมงต่อคืน จะมีระดับคะแนนจากการทดสอบความรู้คิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าการนอนที่มีจำนวนชั่วโมงน้อยกว่า 6 ชั่วโมง หรือการนอนในเวลายาวนานที่มากกว่า 9 ชั่วโมงต่อคืน รูปแบบการนอนมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของการรู้คิดโดยมีระยะเวลาอนนที่เหมาะสมและคุณภาพการนอนหลับนั้นเป็นปัจจัยสำคัญ การประเมินคุณภาพการนอนหลับสามารถใช้แบบประเมินตนเองในการทดสอบ เช่น แบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก (Pittsburgh Sleep Quality Index) เป็นแบบทดสอบจำนวน 9 ข้อ คะแนนเต็ม 21 คะแนน โดยมีจุดตัดของคะแนนที่ 5 คะแนนรวมที่มากกว่า 5 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดี แบบการทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์กฉบับภาษาไทย พบว่าสามารถจำแนกคนที่มีความผิดปกติการนอนหลับออกจากคนที่ไม่มีปัญหาการนอนหลับได้โดยมีจุดตัดของคะแนนที่ 5 จะมีความไวที่ร้อยละ 77.78 และความจำเพาะร้อยละ 93.33 (Sitasuwan et al, 2014)

การนอนน้อยหรือการถูกรบกวนการนอนจะส่งผลต่อสมรรถภาพของการรู้คิด การอดนอนจะส่งผลให้เกิดการลดลงของความจำระยะสั้น สมาธิ ความเร็วในการประมวลผล การศึกษาเรื่องการอดนอน โดยให้มีการนอน 5 ชั่วโมงต่อคืนเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะส่งผลต่อความใส่ใจในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) เท่ากับการอดนอนทั้งคืนเป็นจำนวน 1 คืน แต่การเพิ่มระยะเวลาอนนจากจำนวนชั่วโมงที่นอนปกติ จะสามารถเพิ่มระดับการรู้คิด โดยพบว่าการนอนนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับการรู้คิด การนอนที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้สมรรถนะของการรู้คิดที่เพิ่มขึ้น การศึกษาความสัมพันธ์ของการนอนและทักษะการรู้คิดในระดับสูงที่มีการใช้ทักษะการรู้คิดหลายด้าน พบว่าการประเมินทักษะทางการรู้คิดแบบง่าย เช่น Psychomotor vigilance test นั้นมีผลต่อความสัมพันธ์ของการนอนและการรู้คิด เนื่องจากทักษะด้านสมาธิมีความสัมพันธ์กับการอดนอนและเป็นทักษะที่มีความจำเป็นต่อขบวนการการรู้คิดที่ซับซ้อน ดังนั้นเมื่อการรู้คิดแบบสมาธิได้รับผลกระทบก็จะส่งผลต่อขบวนการการรู้คิดขั้นที่สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทักษะต่างๆที่มีการประเมินว่าได้รับผลกระทบจากการอดนอน เช่น การขับรถและการตัดสินใจ การนอนเพิ่มขึ้น 1 ชั่วโมงจากระยะเวลาอนนปกติจะส่งผลให้เพิ่มระดับการรู้คิด แต่การนอนที่น้อยกว่าปกติหรือการนอนที่ยาวนานกว่าระยะเวลาปกติจำนวน 2.5 ชั่วโมงจะส่งผลให้ลดระดับการรู้คิดได้ (Mantua et al, 2019) การนอนน้อยกว่าเท่ากับ 4 ชั่วโมงหรือมากกว่าเท่ากับ 10 ชั่วโมงไม่เพียงจะสัมพันธ์กับการลดลงของระดับการรู้คิดยังส่งผลต่อการความเร็วของการลดลงของระดับการรู้คิดในระยะยาว (Ma et al, 2020; Griggs et al, 2022) ระยะเวลาอนนเป็นประจำที่ 7-9 ชั่วโมงต่อคืนนั้นส่งผลต่อการส่งเสริมสุขภาพ ถ้าการนอนปกติต่ำกว่า 7 ชั่วโมงจะส่งผลต่อการลดสมรรถภาพทางกาย ส่งผลต่อการเพิ่มความผิดพลาดและเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น (Watson et al, 2015) กฎของการปฏิบัติการทางการบินของนักบินกองทัพอากาศ มีการระบุ

ระยะเวลาพักผ่อนในระหว่างปฏิบัติการกิจ การปฏิบัติหน้าที่จะต้องมีระยะเวลาการนอนที่ไม่มี การรบกวนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง และจะต้องมีระยะเวลาที่ไม่ได้ปฏิบัติการกิจอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อน การเริ่มภารกิจที่เกี่ยวข้องกับการบินต่อไป ในกรณีที่ทำการกิจอย่างน้อย 12 ชั่วโมงเป็นเวลาติดต่อกัน อย่างน้อย 3 วัน ระยะเวลาการพักจะถูกลดที่ระดับขึ้นต่ำสุดที่ 10 ชั่วโมงเพื่อรักษาการทำงานในรอบ 24 ชั่วโมงตามเวลาดานาฬิกาและจะต้องให้มีระยะนอนที่ไม่มีกรบกวนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (United States Department of the Air Force, 2022)

3.4.3 ความเครียด

ความเครียด (Stress) เป็นการแสดงออกของร่างกายแสดงออกเมื่อเกิดการกระตุ้นจาก สิ่งแวดล้อม สังคม ภาวะอารมณ์ที่เกิดขึ้นจากจิตใจและลักษณะทางกายภาพ ความเครียดสามารถแบ่ง ออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ความเครียดระดับต่ำ (Mild stress) ความเครียดระดับปานกลาง (Moderate stress) ความเครียดระดับสูง (High stress) ความเครียดระดับรุนแรง (Severe stress) ความเครียดที่เกิดขึ้นจะมีการแสดงออกในลักษณะอาการต่างๆ ได้แก่ อาการทางการรู้คิด (Cognitive symptoms) เช่น การลดลงของสมาธิที่สามารถส่งผลต่อความอดทนที่ลดลง และส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพของการทำงาน ภาวะวิตกกังวลก็เป็นหนึ่งในปัจจัยของความเครียด ที่ส่งผลต่อการรู้คิดที่ ทำให้เกิดความรู้สึกเหมือนว่าตนเองกำลังทำงานผิดพลาด อาการทางด้านอารมณ์ (Emotional symptoms) เมื่อเกิดความเครียดก็จะส่งทำให้เกิดความแปรปรวนทางด้านอารมณ์ซึ่งส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพของการทำงานได้ บางครั้งอาจจะเกิดอาการซึมเศร้า เหงา โดดเดี่ยวสามารถส่งผลทำให้ เกิดภาวะซึมเศร้าตามมาได้ อาการทางด้านร่างกาย (Physical symptoms) เป็นสัญญาณเตือนที่แสดง ออกมาทางร่างกาย เช่น อาการปวดศีรษะ หนึ่งตากระตุก อาการปวดตามบริเวณต่างๆ อาการเหนื่อ ออกง่ายหัวใจเต้นเร็ว อาการที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรม (Behavioral symptoms) เช่น ความรู้สึกเบื่อ อาหาร การนอนไม่หลับ การปลีกตัวเองออกจากสังคม อาการอ่อนเพลียเป็นต้น (กรมสุขภาพจิต, 2563b)

การประเมินระดับความเครียดสามารถประเมินได้จากแบบทดสอบและระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) การทดสอบความเครียด ความวิตกกังวลและอารมณ์ สามารถทำได้ด้วยแบบทดสอบ ประเมินตนเอง ได้แก่ แบบวัดความเครียดสวนปรง (SPST-20) ของกรมสุขภาพจิต (กรมสุขภาพจิต, 2561) เป็นแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ มีคะแนนไม่เกิน 100 คะแนน แบบสอบถามวัดอารมณ์ บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; Thai-BRUMS) เป็นแบบทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นโดย Terry & Lane's ในปี ค.ศ. 2003 และจัดทำเป็นภาคภาษาไทยโดย Ramyarangsi (2018) Thai-BRUMS เป็นแบบทดสอบวัดอารมณ์ 24 ข้อ ที่เป็นการประเมิน 6 อารมณ์ ได้แก่ โกรธ สับสน ซึมเศร้า เหนื่อยล้า กัดดัน กระปรี้กระเปร่า นอกเหนือจากแบบทดสอบ ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอล (Cortisol) ซึ่งเป็นระดับฮอร์โมนแห่งความเครียดและส่งผลต่อการควบคุมระบบต่างๆของร่างกาย ฮอร์โมนคอร์ติ

ซอลเป็นฮอร์โมนที่สัมพันธ์กับความเครียด อารมณ์ ประสิทธิภาพการทำงานของกรูคิด โครงสร้าง และการทำงานของสมอง โดยที่ระบบประสาทเป็นระบบสำคัญที่ทำหน้าที่ในการควบคุมระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลซึ่งมีความสัมพันธ์กับจังหวะเซอร์คาเดียน ระดับฮอร์โมนคอร์ติซอลจะทำการทดสอบได้จากการเก็บตัวอย่างเลือด น้ำลาย ปัสสาวะ ในการประเมินด้วยการเก็บตัวอย่างเลือดจะทำการเก็บในช่วงเวลา 8.00-9.00น. เนื่องจากมีค่ามาตรฐานแตกต่างกันตามช่วงเวลา ค่ามาตรฐานของการเก็บในช่วงเช้า ในการรายงานผล (report) มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ค่าอ้างอิงที่ระดับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ในช่วงเวลา 6.00-10.00น. คือ 6.02 – 18.4 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2564; Hawiset and Inkeaw, 2020; Ajjimaporn et al, 2020)

4. เมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism)

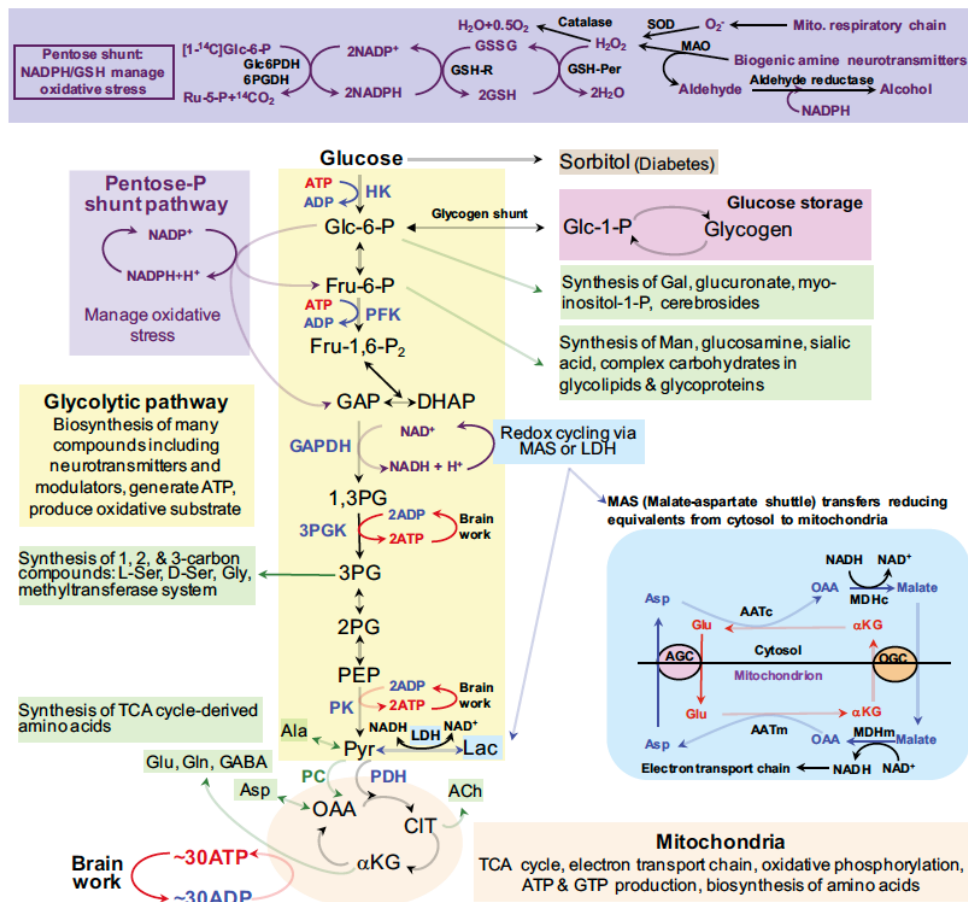
4.1 เมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism) สมองเป็นอวัยวะที่มีระดับความต้องการของเมแทบอลิซึมสูง แต่มีแหล่งพลังงานในตนเองต่ำ ทำให้สมองต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานที่นำเข้ามาจากการไหลเวียนของเลือด โดยจะนำเข้ามาผ่านตัวกรองกั้นระหว่างเลือดและสมอง (Blood-brain barrier) กลูโคสและออกซิเจนเป็นแหล่งให้พลังงานหลัก (Oxidative fuel) ของเซลล์ประสาท แต่เซลล์ประสาทก็สามารถนำพลังงานมาจากแหล่งอื่นมาทดแทนได้ เช่น การใช้คีโตนบอดี (ketone bodies) ในช่วงเวลาอดอาหารเป็นระยะเวลานานหรือการใช้แหล่งพลังงานจากแลคเตท ในขณะที่ทำกิจกรรมทางกายอย่างหนัก เป็นต้น (Camandola and mattson, 2017) กลูโคสที่รับเข้ามาในเซลล์ประสาทส่วนหนึ่งจะถูกเก็บอยู่ในรูปไกลโคเจน (Glycogen) Astrocyte ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการให้พลังงานกับการทำงานของเซลล์ประสาท ไกลโคเจนในเซลล์สมองจะเข้าขบวนการสลายสารที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็ก (Catabolism) ให้กลายเป็นกลูโคส ดังรูปที่ 3 กลูโคสที่ได้จะนำไปสร้างพลังงานในรูปของอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP) และสังเคราะห์สารสื่อประสาท (Neurotransmitter and Neuromodulation)

ในขณะที่ร่างกายทำกิจกรรมที่มีการเพิ่มภาระงานของกรูคิดเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้ลดประสิทธิภาพของการทำงานลงอย่างต่อเนื่อง โดยจะพบว่ามีอาการตอบสนองที่ช้าลง มีการลดลงของการไหลเวียนของเลือดในสมองในบริเวณ Fronto-parietal network (Lim, J. et al, 2010) มีความล้าทางร่างกายและความล้าทางการรู้ ทำให้เกิดการลดลงของประสิทธิภาพการทำงานจากการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging; MRI) พบว่าการทำงานของสมองส่วน Dorsal Anterior Cingulate Cortex (dACC) และ Anterior Insular นั้นสอดคล้องกับการทำงานที่ผิดพลาดของกรูคิดและการตอบสนองที่ช้าลง ซึ่งสมองส่วน dACC นั้นทำหน้าที่สัมพันธ์กันระหว่างกรูคิด ลักษณะทางอารมณ์และการควบคุมการเคลื่อนไหว (Müller and Apps, 2019)

จากรูปที่ 4 พบว่า Oxygen-glucose index (OGI) หรือ Oxygen-carbohydrate index (OCI) จากสูตรการคำนวณ

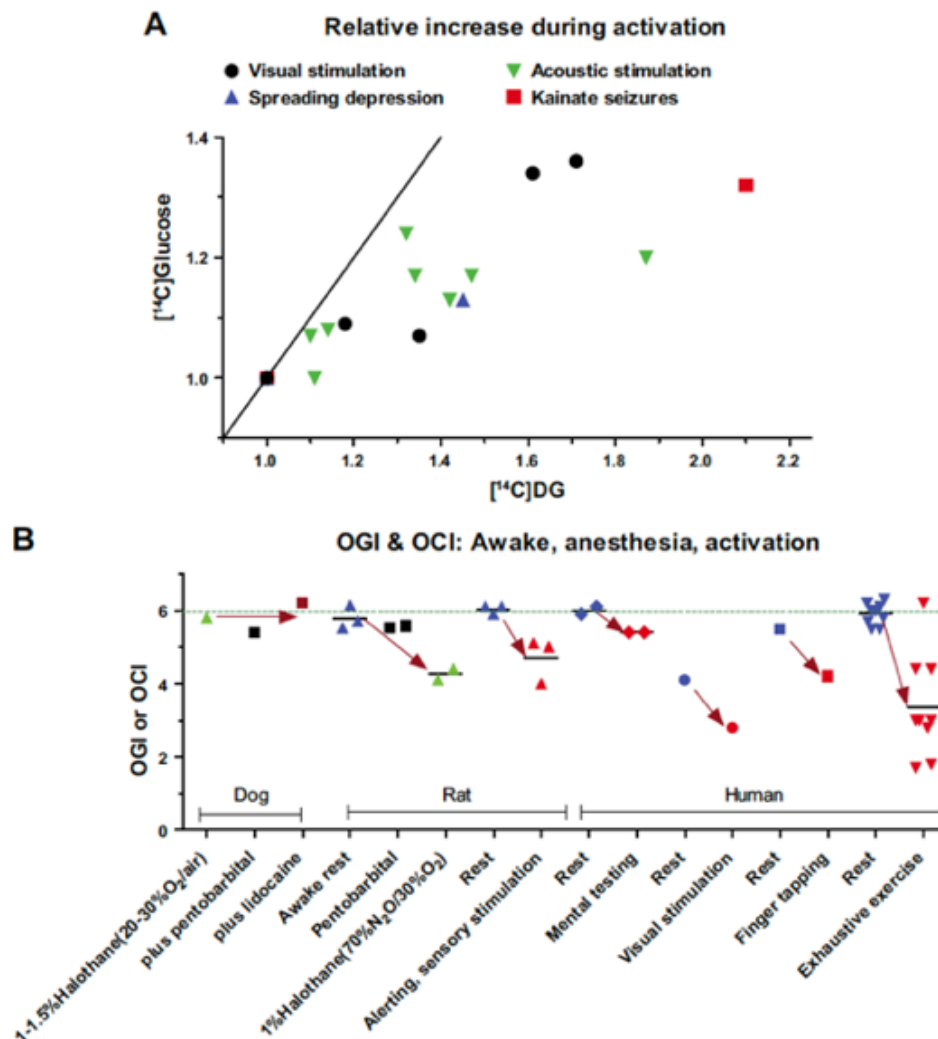
$$OGI = CBF(A-V)_{O_2} / CBF(AV)_{glc} = (A-V)_{O_2} / (A-V)_{glc} \text{ ซึ่งเทียบเท่ากับ}$$

$$OCI = (AV)_{O_2} / [(A-V)_{glc} + 0.5(A-V)_{lac}]$$



รูปที่ 3 การเปลี่ยนพลังงานจากกลูโคสของระบบประสาท

ที่มา: Dienel (2019)



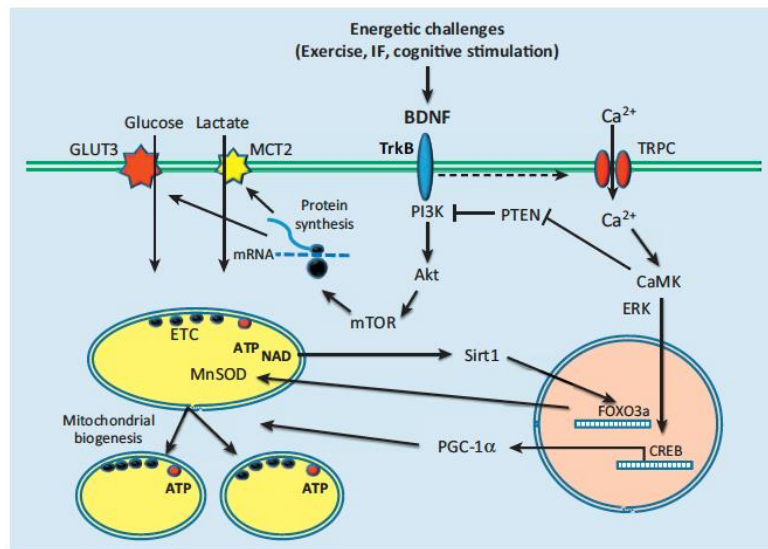
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของเมแทบอลิซึมของสมองและกิจกรรม

ที่มา: Dienel (2019)

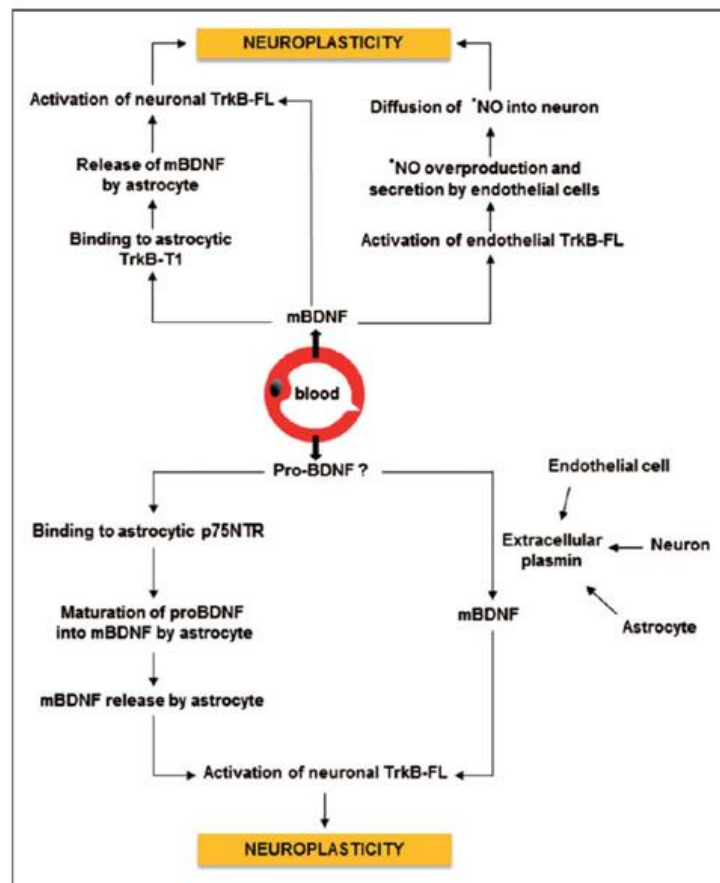
OGI หรือ OCI ในขณะทำกิจกรรมจะมีค่าลดลง แสดงถึงการเกิดเมแทบอลิซึมของสมองในขณะทำกิจกรรมจะมีการใช้พลังงานทั้งการใช้ออกซิเจนและกลูโคสหรือคาร์โบไฮเดรตในสมองที่เพิ่มขึ้น จากค่า OGI หรือ OCI ในขณะทำกิจกรรมมีค่าลดลงเนื่องจากการที่เมแทบอลิซึมของสมองทำงานมากขึ้นและมีอัตราการใช้น้ำตาลในเลือดที่เป็นแหล่งพลังงานของสมองเพิ่มมากขึ้นและไม่ได้เป็นสัดส่วนกับ CMR_{O_2} (Danial, 2019) ซึ่งการกระตุ้น dACC นั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของเมตาบอลิซึมของสมองที่มีการใช้พลังงานอย่างรวดเร็วทำให้มีการลดลงของกลูโคสซึ่งส่งผลให้ร่างกายและการรู้คิดมีการทำงานลดลง (Bray et al, 2012) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของการทำงาน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography; EEG) จะมีคลื่นเทลด้า (ความถี่ 4-8 Hz) ในบริเวณสมองส่วน Frontal

lobe เพิ่มขึ้น (Tran et al, 2019) มีการลดระดับฮีโมโกลบินที่จับตัวกับออกซิเจน (Oxygenated hemoglobin, O₂Hb) ในสมองที่บริเวณ Frontal cortex จากการวัดด้วย Functional Near Infrared (fNIR) (Izzetoglu et al, 2004; Aghajani et al, 2017) และความเหนื่อยล้านั้นก็ส่งผลต่อการลดลงของความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดที่ไหล ในหลอดเลือดสมอง มิดเดิล เซเรบรอล อาร์เทอรี (Middle cerebral artery blood flow velocity; MCBV) (Wang et al, 2011) ในกลุ่มผู้ป่วยอาการอ่อนล้าเรื้อรัง (Chronic fatigue syndrome) มีอาการอ่อนล้าของการรู้คิด ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของ MCBV ที่เกิดจากความเครียดมาจากการเปลี่ยนท่าทาง (Orthostatic stress) ซึ่งส่งผลต่อการรู้คิดในด้านสมาธิ การเรียนรู้และความทรงจำ ปฏิกริยาการตอบสนอง (Ocon et al, 2013) นอกจากการประเมินด้วย EEG ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดยังสามารถทำการประเมินได้จากคะแนนประเมินความรุนแรงของการเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Visual analog scale) ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 10 การประเมินความรุนแรงของการเหนื่อยล้าเป็นการประเมินบนเส้นตรงที่มีความยาว 100 มิลลิเมตรที่มีการระบุความรุนแรงที่ปลาย 2 ด้าน (0 มม.= ไม่เหนื่อยอย่างสิ้นเชิง และ 10 มม.= เหนื่อยล้าอย่างมาก (Jacquet et al, 2021)

4.2 บีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor, BDNF) เป็นโปรตีนที่มีบทบาทความสำคัญในการสร้าง รักษา ความยืดหยุ่นของสมอง (neuroplasticity) ดังรูปที่ 5 ระบบสมองส่วนกลางและส่วนปลาย BDNF ช่วยควบคุมความสมดุลของพลังงาน การกระตุ้นในระบบการให้พลังงานของร่างกาย เช่น การออกกำลังกายและการกระตุ้นทางการรู้คิดจะส่งผลต่อการสร้าง BDNF เมื่อ BDNF จับกับ Tropolymycin-related kinase B (TrkB) ของเซลล์ประสาท ก็จะทำให้การแปลรหัส mRNA การสังเคราะห์โปรตีน Neuronal Glucose Transporter-3 (GLT3) และ Monocarboxylic acid transporter-2 (MCT2) ที่จะทำหน้าที่ในการนำพลังงานกลูโคสและแลคเตทเข้าเซลล์ รวมทั้งยังช่วยการนำแคลเซียมผ่านทาง Transient receptor potential C (TRPC) เข้าเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในการสร้าง Peroxisome proliferator receptor coactivator 1a (PGC-1a) ที่เป็นตัวสำคัญในการสร้าง ATP จากการ Mitochondria biogenesis (Marosi and Mattson, 2014) ดังรูปที่ 6 นอกจากนี้ endothelium-derived BDNF ช่วยเพิ่ม MCBV จากการหลั่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการคลายตัวของหลอดเลือด (Vasorelaxant factors) และการเพิ่มความยืดหยุ่นของสมองดังรูปที่ 5 (Marie et al, 2018) แต่การลดลงของ BDNF นั้นสัมพันธ์กับกลุ่มอาการอ่อนล้าเรื้อรังและผู้ป่วยที่มีการรู้คิดผิดปกติ (Cognitive dysfunction) (Chen et al., 2008)

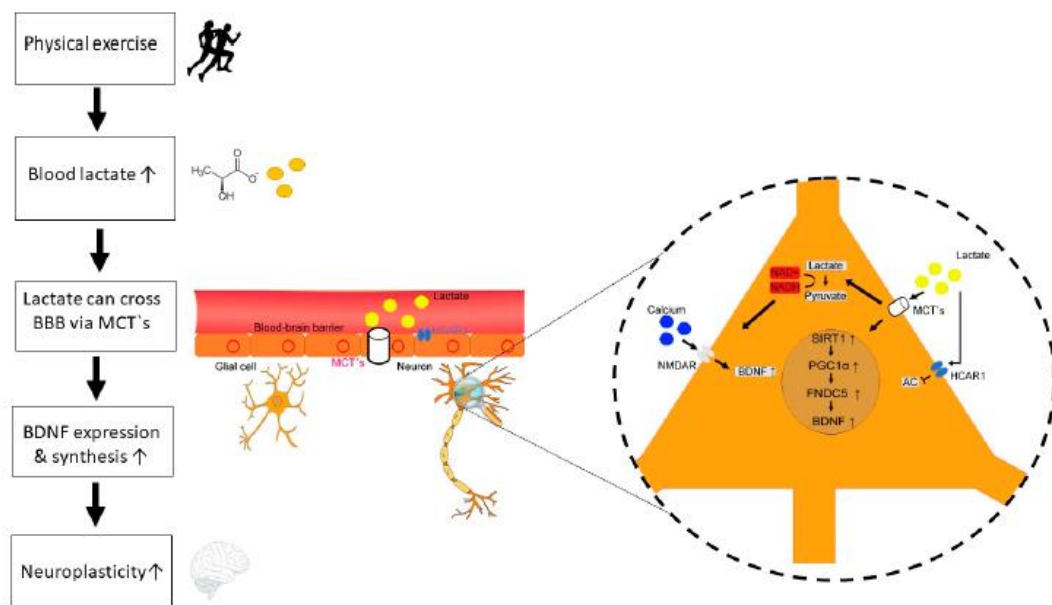


รูปที่ 5 ความยืดหยุ่นของสมอง
ที่มา: Marie et al (2018)



รูปที่ 6 กระบวนการเมตาบอลิซึมของ BDNF ในการควบคุม Bioenergetic
ที่มา: Marosi and Mattson (2014)

กระบวนการเมตาบอลิซึมระหว่างแลคเตท และ BDNF หลังจากการออกกำลังกาย ดังรูปที่ 7 ระดับของแลคเตทหลังการออกกำลังกายจะมีความสัมพันธ์กับระดับของความหนักของการออกกำลังกาย แลคเตทข้ามผ่านตัวกรองกั้นระหว่างเลือดและสมอง (Blood-brain barrier, BBB) ผ่านทาง Monocarboxylate transporters (MCT's) พร้อมกันนั้นแลคเตทจะจับกับ Hydroxycarboxylic acid receptor (HCAR1) ที่ BBB และสามารถกระตุ้นการสร้างหลอดเลือดฝอยใหม่ (Angiogenesis) แลคเตทจะเป็นตัวนำของนิวโรโทรฟินและเมตาบอลิซึมส่งผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์ด้วยทาง MCT's และจับกับ HCAR1 เมื่อแลคเตทจับกับ HCAR1 ที่เซลล์ประสาทจะทำการยับยั้ง Adenylate cyclase (AC) และลด Cyclic adenosine monophosphate (cAMP) ที่ทำให้เกิดการลดของกิจกรรมของเซลล์ประสาทและการทำงานของยีนส์ (Gene regulation) ที่ส่งผลให้มีการลดการหลั่งของ BDNF ที่ควบคุมการทำงานของการไหลของเลือดและการซินแนปส์ (Synapse) แลคเตทยังช่วยกระตุ้นการส่งสัญญาณของ PGC1 FNDC5 และ BDNF ผ่านทางการกระตุ้น SIRT1 นอกจากนี้แลคเตทจะเพิ่มระดับ Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) ภายในเซลล์ ที่จะส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระดับแคลเซียมและการหลั่งของ BDNF การหลั่ง BDNF จะสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของสมองด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสร้างเซลล์ประสาท (Neurogenesis) การสร้างการซินแนปส์ (Synaptogenesis) การเติบโตของเซลล์เดนไดรต์ที่ไซส์นหลัง เป็นต้น (Müller et al, 2019)



รูปที่ 7 กระบวนการเมตาบอลิซึมของ Lactate – BDNF หลังการออกกำลังกาย

ที่มา: Müller et al (2019)

5. สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ (Health-related physical fitness)

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ คือ สมรรถภาพทางกายที่เป็นตัวชี้วัดของการมีสุขภาพที่ดี เป็นปัจจัยที่ใช้ในการประเมินเพื่อป้องกัน ส่งเสริมสุขภาพ เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) สมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ (Cardiorespiratory fitness) (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2561)

5.1 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) เป็นการประเมินส่วนประกอบต่างๆของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน (Lean body mass) ไขมันร่างกาย (Body fat) ส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ได้แก่ กระดูก กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออื่น การประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยการใช้เครื่องเอ็กซเรย์ที่มีการแผ่รังสีขนาดต่ำ (Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA) เป็นวิธีมาตรฐานที่เป็นการทดสอบทางห้องปฏิบัติการในการตรวจวัดมวลกระดูก ตรวจหามวลไขมัน และมวลกล้ามเนื้อในร่างกาย เกณฑ์ระดับไขมันในร่างกายดังรูปที่ 8 (อภิขญา คล้ายมนต์, 2558) การประเมินด้วย DXA ถือได้ว่าเป็นวิธีที่ปลอดภัย มีความปลอดภัยสูงและง่ายต่อการวัด แต่มีราคาสูงและไม่สามารถนำไปทดสอบในพื้นที่ต่างๆได้ การทดสอบด้วย Bioelectric impedance analysis (BIA) เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็ก ใช้การประเมินความต้านทานของกระแสไฟฟ้าของไขมันที่สามารถใช้ในการทดสอบปริมาณไขมันในร่างกายได้ ซึ่งการวัดปริมาณไขมันในร่างกายเปรียบเทียบระหว่าง BIA และ DXA ในคนไทยพบความสัมพันธ์ระหว่างการวัดทั้ง 2 วิธีอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.835 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในร่างกายพบว่าการทดสอบด้วย BIA จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จาก DXA ในเพศหญิง (ณวรรณ ธรรมคัมภีร์และคณะ, 2547) ซึ่งการทดสอบด้วย BIA นั้นพบว่าเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย ในกลุ่มคนวัยทำงาน สุขภาพดีและนักกีฬา (Vasold et al., 2019; Campa et al., 2022) โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่จะส่งผลต่อการทดสอบ BIA (Dehghan et al., 2008) ได้แก่

- 1) การสัมผัสระหว่างมือและเท้าทั้ง 2 ข้าง
- 2) น้ำหนักไม่ถูกต้อง
- 3) การทานอาหารและน้ำก่อนการทดสอบ (แนะนำให้ทำการงดอาหาร 1 คืนก่อนตรวจ)
- 4) การออกกำลังกายความหนักระดับปานกลาง - สูง ก่อนการทดสอบ 2-3 ชั่วโมง
- 5) รับประทานยาที่ส่งผลต่อความสมดุลของน้ำและระดับอิเล็กโทรไลต์ในร่างกาย
- 6) อุณหภูมิ (อากาศเย็นจะเพิ่มระดับ Impedence)
- 7) ลักษณะทางกาย (อ้วนลงพุง, ขนาดกล้ามเนื้อ, ช่วงเวลาประจำเดือน, ภาวะหมดประจำเดือน)

FMI	Severe FD*	Moderate FD	Mild FD	Normal	Excess fat	Obese class I	Obese class II	Obese class III
ชาย	<2	2 - <2.3	2.3 - <3	3 - 6	>6 - 9	>9 - 12	>12 - 15	>15
หญิง	<3.5	3.5 - <4	4 - <5	5 - 9	>9 - 13	>13 - 17	>17 - 21	>21

รูปที่ 8 เกณฑ์การประเมินไขมันในร่างกายโดยใช้ Fat mass index

ที่มา: อภิขญา คล้ายมนต์ (2558)

5.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) เป็นการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยจะมีการทดสอบในหลายรูปแบบการทดสอบภาคสนาม ได้แก่ การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและมือ (Hand grip dynamometer) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา โดยเครื่องวัดแรงดึงหลังและขา (Back-leg lift dynamometer) การวัดน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ในครั้งเดียว (one-repetition maximum, 1RM) การทดสอบวิธีการทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic dynamometer) สามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละมัดโดยจำแนกตามการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซไคเนติกเป็นการทดสอบที่มีมาตรฐานและมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การทดสอบสมรรถภาพทางกายในนักกีฬา การฟื้นฟูสมรรถภาพของกล้ามเนื้อภายหลังการผ่าตัด เช่น การผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า การผ่าตัดหมอนรองข้อเข่า เป็นต้น แต่เป็นการทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งการทดสอบในภาคสนามจะนิยมใช้การทดสอบการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา (ดรุณวรรณ สุขสม, 2561) โดยเครื่องวัดแรงดึงหลังและขาและการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ ซึ่งมีการนำไปใช้ในการทดสอบสมรรถภาพทางกายในกลุ่มทหาร (Mattila et al., 2017; Vining et al., 2020)

5.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อที่ออกแรงกระทำต่อแรงต้านได้ซ้ำ ๆ อย่างต่อเนื่อง ทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำกิจกรรมต่อเนื่องได้เป็นระยะเวลาสั้น และป้องกันการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อได้ กล้ามเนื้อที่มีความอดทนที่สูงจะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยร่วม ซึ่งหากกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงสูงสุดที่มากที่สุดจะช่วยเพิ่มความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้อ ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความสามารถในการสร้างแรงได้เพิ่มมากขึ้น การทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อมีในหลายรูปแบบ การทดสอบภาคสนาม ได้แก่ การวัดความอดทนของกล้ามเนื้อโดยการดันพื้น (Push-up) การดึงข้อ (Pull-up) ความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการลุกนั่ง (Sit-up) (ดรุณวรรณ สุขสม, 2561; Lin et al., 2022)

5.4 ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) สามารถทำการทดสอบได้โดยวัดตรง (Direct method) โดยวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of motion) ด้วยเครื่องวัดมุม (Goniometer / Flexometer / Inclinator) เช่น องศาการเคลื่อนไหวของหลัง ข้อไหล่ ข้อสะโพก เป็นต้น การทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion test) จะประเมินด้วย Baseline bubble inclinometer โดยจะทำการวาง inclinometer ที่บริเวณ T12 และ S1 ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic flexion-extension และ Thoracolumbar lateral flexion โดยจะบันทึกระยะเป็นองศา การทดสอบโดยการวัดโดยอ้อม (Indirect method) เช่น การวัดความอ่อนตัวแบบการนั่งตัวไปข้างหน้า (Sit and reach) ด้วยกล่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box) การทดสอบแตะมือด้านหลัง (Back Scratch Test) บันทึกระยะเป็นเซนติเมตร (Sadeghi et al., 2015; ดร.ณรรณ สุขสม, 2561)

5.5 สมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ (Cardiorespiratory fitness) จะใช้การทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption) ในการประเมิน ทำการทดสอบด้วยวิธีการออกกำลังกายสูงสุด (Maximal exercise test) การทดสอบวิธีการทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การวิ่งตามรูปแบบการเดินของบรูซ (Bruce treadmill protocol) การปั่นจักรยาน (Bicycle ergometer exercise test protocol) ตามรูปแบบของออสตรานด์ (Astrand) ฟอกซ์ (Fox) และแมคคาเดิล (MacArdle) หรือการใช้การทดสอบแบบการออกกำลังกายเกือบสูงสุด (Submaximal exercise test) แล้วนำไปทำนายอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด การทดสอบภาคสนามมีรูปแบบหลากหลายวิธี ได้แก่ การก้าวเป็นจังหวะ 3 นาที (3 Minutes step test) การเดิน 1 ไมล์ และการประมาณค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีการหาดัชนีการวัดค่าการทำงานของหัวใจ (Own index) เป็นต้น การทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะทำการประเมินด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cardiopulmonary gas exchange system) เพื่อประเมินปริมาณของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจเข้าและออกตลอดการทดสอบ เป็นการทดสอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบ สมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ การทดสอบด้วยการวิ่งตามรูปแบบการเดินของบรูซจะมีการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายจากการเพิ่มความชันและความเร็วของลู่วิ่ง ทุกๆ 3 นาที โดยจะมีการบันทึกความดันโลหิต และสอบถามระดับของความเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion of Borg, RPE) ทุกๆ 3 นาที จนผู้เข้ารับการทดสอบไม่สามารถออกกำลังกายต่อไปได้ โดยจะทำการลดระดับความชันของลู่วิ่งจนเป็นศูนย์และลดความเร็วลง คงไว้จนกว่าผู้เข้ารับการทดสอบมีอาการเหนื่อยของหัวใจลดลงจนเกือบเท่าขณะพัก บันทึกอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และอัตราหัวใจเต้นสูงสุด มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที (ดร.ณรรณ สุขสม, 2561) การตรวจสมรรถภาพปอด (Pulmonary Function Tests) เป็นการตรวจสภาพการทำงานของปอดซึ่งจะสามารถบ่งชี้ความเสี่ยงของการทำงานของปอดก่อนที่อาการแสดงทางคลินิกจะ

เริ่มปรากฏ โดยจะสามารถทำการตรวจได้จากเครื่องสไปโรเมตรี (Spirometry) ที่ใช้ในการประเมินปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออก ได้แก่ Forced vital capacity (FVC) Forced expiratory volume in one second (FEV1) มีหน่วยเป็นลิตร และค่า FEV1/FVC (สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย, 2561; Graham et al., 2019)

6. ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ(Heart rate variability)

6.1 ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability, HRV) เป็นค่าผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจที่นำมาใช้ในการประเมินการทำงานของหัวใจ การพยากรณ์โรค การประเมินการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจเป็นการประเมินความผันแปรระหว่างหัวใจเต้นในแต่ละครั้ง (Variation in beat to beat interval) ซึ่งสามารถวัดได้จากความผันแปรของคลื่นไฟฟ้าหัวใจของ QRS complex หรือการวัดระยะเวลาระหว่าง R wave ของการเต้นหัวใจแต่ละครั้ง (RR interval) ค่า HRV จะมีความผันแปรได้จากปัจจัยต่างๆ (Manimmanakorn et al., 2018) ได้แก่

- ระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic) และระบบประสาทพาราซิมพาเธติก (parasympathetic)

- ระบบหายใจที่ส่งผลต่อระบบประสาทพาราซิมพาเธติก ซึ่งจะพบว่าเมื่อหายใจช้าลงจะทำให้ค่า HRV เพิ่มขึ้น

- ปัจจัยอื่น เช่น การกระตุ้นรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ อุณหภูมิ ระดับฮอร์โมน การนอนหลับ การออกกำลังกายและความเครียด

การวิเคราะห์ HRV จะทำได้ในหลายรูปแบบ

- แบบ Time-domain โดยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลของ RR-interval ที่มีการระบุค่าตามลักษณะการประเมิน เช่น ค่า Square root of the mean of the squares (RMSSD) คือค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างของ NN intervals ที่อยู่ติดกันยกกำลังสอง ในกรณีที่มีค่า RMSSD ต่ำจะแสดงถึงความเจ็บป่วยที่ส่งผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติจากการที่มีการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติกที่เพิ่มมากขึ้น

- แบบ Frequency-domain ส่วนใหญ่เป็นการประเมินด้วยวิธี Power spectral density ที่จะเป็นการคำนวณหาค่า Total power ของความถี่ของอัตราเต้นของหัวใจ โดยจะแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ High frequency (HF) ที่ความถี่ 0.15 – 0.4 Hz จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการกระตุ้นระบบประสาทพาราซิมพาเธติก Low frequency (LF) ที่ความถี่ 0.04 – 0.15 Hz จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติก ในการออกกำลังกายจะพบว่ามีการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติกที่สูงขึ้นและมีค่าสูงในขณะพัก Very low frequency (VLF) ที่ความถี่ 0.0033 – 0.04 Hz Ultra low frequency (ULF) ที่ความถี่ <0.003 Hz และค่า Low frequency/High frequency

(LF/HF) เป็นการแสดงถึงความสมดุลของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ถ้ามีค่าสูงจะแสดงถึงการมีภาระงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่สูง ในขณะที่ทำกิจกรรมที่มีภาระงานทางความคิด การวัดระดับฮีโมโกลบินที่จับตัวกับออกซิเจนด้วยสเปกโทรสโกปีอินฟราเรด (Functional near Infrared spectroscopy fNIRs) และการประเมินความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจนั้นมีความสอดคล้องกัน โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนหน้าทางด้านล่าง (Lower prefrontal lobe) ที่พบว่ามียกระดับ LF/HF ที่สูงในขณะที่ทำกิจกรรมที่มีภาระงานที่มากเกินไป ซึ่งสามารถนำ HRV ไปใช้ในการประเมินภาระงานได้ (Durantin et al., 2014)

6.2 การประเมินความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจการประเมินจะสามารถใช้การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบพกติดตัว (Holter) ที่ประเมินความผันแปรของคลื่นไฟฟ้าหัวใจจาก QRS complex หรือการใช้เครื่องวัดอัตราเต้นของหัวใจและสายรัดหน้าอก (Chest strap) เช่น Polar H10 ที่ประเมินจากความผันแปรของระยะเวลาระหว่าง R wave ของการเต้นหัวใจแต่ละครั้ง (RR interval) การประเมินด้วย Polar H10 พบว่ามีเป็นอุปกรณ์ที่ความเที่ยงสำหรับการประเมิน HRV โดยมีการใช้ เป็นเครื่องมือมาตรฐานในขณะที่ในขณะทำกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย การประเมินส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินระยะเวลาระหว่าง R wave แบบต่อเนื่องและเป็นช่วง พบว่ามีค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.84 (Manimmanakorn et al., 2018; Gilgen-Ammann et al., 2019; Speer et al., 2020) ปัจจุบันมี การประเมิน HRV ด้วย Polar H10 ร่วมกับการใช้โปรแกรมที่จากโทรศัพท์มือถือเพิ่มมากขึ้น พบว่า การประเมิน Square root of the mean of the squares (RMSSD) โดยการใช้โปรแกรม EliteHRV มีค่าเฉลี่ยอัตราเต้นของหัวใจที่ 0.69 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยความผิดพลาดที่ 7.66 เปอร์เซ็นต์ (Stone et al., 2021)

7. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน

การออกกำลังกายแบบผสมผสานจะเป็นรวมการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆเข้าด้วยกัน เช่น การออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน การฝึกทางการรู้คิด การฝึกสมาธิ การฝึกการทำงานประสานกันระหว่างมือและตา เป็นต้น จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านและ การฝึกทักษะของการรู้คิด พบว่าสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการ ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในด้านต่างๆของการรู้คิด เช่น พัฒนาทักษะการคิดเชิงบริหาร ด้านความจำ ด้านการวางแผนและการแก้ปัญหา โดยจะส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ให้มีความสามารถใน ด้านการตัดสินใจที่ซับซ้อนและในสถานการณ์จริง (Ward et al, 2017; Zwilling et al, 2019) การ

ออกกำลังกายที่มีการทำงานประสานกันระหว่างมือและตา จะช่วยส่งเสริมการทำงานของสมองให้มีความยืดหยุ่นของสมองเพิ่มมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองจากการทำงานของสมองที่มีหน้าที่ในการทำงานในบริเวณที่แตกต่างกัน (Demirakca et al, 2016)

การฝึกรูปแบบผสมผสานทั้งทางร่างกายและการรู้คิดในกลุ่มประชากรทางทหาร Fischer et al (2015) ทำการออกแบบรูปแบบการฝึกแบบผสมผสานของการฝึกออกกำลังทางกายร่วมกับการฝึกการรู้คิดในทหารอากาศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย การฝึกลูกนึ่งร่วมกับการทำฝึกการรู้ด้านความจำ การฝึกกล้ามเนื้อทรงท่าในท่านอนคว่ำ ลำตัวขนานไปกับพื้นเป็นเส้นตรงในแนวราบร่วมกับการฝึกการยืดหยุ่นทางความคิด (Cognitive Flexibility) และการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการฝึกการรู้คิดด้านความจำระยะสั้น (Short-term memory) นอกจากนี้ยังมีการฝึกการทำงานประสานกันระหว่างมือและตา การฝึกความคล่องแคล่ว (Agility) ด้วย Fitlight Trainer เพื่อใช้ในการวางแผนการวิ่งสำหรับการฝึกการวางแผนและการแก้ปัญหา Zwillig et al. (2020) เปรียบเทียบการฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกแบบมีแรงต้านและการการฝึกร่วมกับการให้เครื่องดื่มเสริมอาหารในทหารอากาศสหรัฐอเมริกา พบว่าการฝึกแบบผสมผสานสามารถเพิ่มทักษะด้านการรู้คิด มีการเพิ่มขึ้นของความทรงจำระยะสั้นที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ (Episodic memory) 9.5% ประสิทธิภาพการประมวลผล (Processing efficiency) 7.5% ความฉลาดแบบของไหล (Fluid Intelligence) 19.5%

การฝึกแบบผสมผสานทั้งทางกายและการฝึกการรู้คิดสามารถส่งเสริมการเรียนรู้มากกว่าการฝึกการรู้คิดหรือการฝึกออกกำลังทางกายเพียงอย่างเดียว ซึ่งการฝึกแบบผสมผสานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและส่งเสริมการเรียนรู้ทักษะของการรู้คิดในหลายระดับ เช่น ทักษะการคิดเชิงบริหาร (Executive function) ความทรงจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) การวางแผนและการแก้ปัญหา (Planning and problem solving) (Ward et al., 2017) การฝึกผสมผสานของการรูปแบบการฝึกที่มีความหนักสูงเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางระบบหัวใจ หลอดเลือดและการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการฝึกการรู้คิดนั้นส่งผลดีต่อความสามารถในการตัดสินใจ (Decision-making competence) (Zwillig et al., 2019) การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกทางกาย ได้แก่ การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก การฝึกที่ความหนักสูงแบบมีแรงต้านร่วมกับการเพิ่มสมรรถภาพทางระบบหัวใจ การฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว ส่งผลต่อการเพิ่มการใช้ความคิดทางมิติสัมพันธ์ (Visuospatial reasoning) และความฉลาดแบบของไหล (Fluid Intelligence) (Daugherty et al., 2018) นอกจากผลของสมรรถภาพทางกายและการรู้คิดการฝึกแบบผสมผสานที่มีรูปแบบการออกกำลังกายที่หลากหลายยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับสารชีวเคมีในเลือดที่ได้ เช่น การเพิ่มระดับซีรัมบีดีเอ็นเอฟ จากการออกกำลังกายด้วย HIIT (Saucedo Marquez et al., 2015) การลดสารชีวเคมีในเลือดที่บ่งบอกการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary artery disease) เช่น ไฮเดนซีดีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) โลเดนซีดีไลโปโปรตีน (Low density

lipoprotein) คอเลสเตอรอล (Cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เป็นต้น (Zwilling et al., 2019)

7.1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training; HIIT)

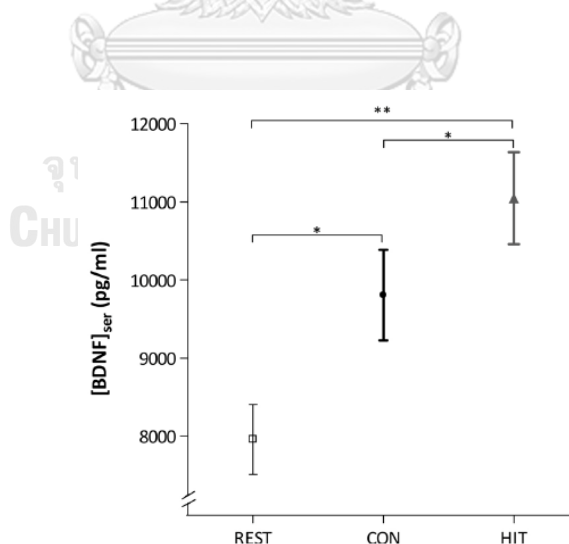
การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง เป็นการฝึกด้วยความหนักระดับสูงในระยะเวลาสั้นสลับกับความหนักต่ำ เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาที่น้อยแต่สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sultana et al, 2019) ผลของการฝึกแบบ HIIT พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของทักษะการคิดเชิงบริหาร (Executive function) (Stern et al, 2019; Mekari et al, 2020) และ VO_2max ได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง (Moderate intensity continuous training, MICT) หรือกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกาย (Wen et al, 2019) การฝึกแบบ HIIT ยังส่งผลต่อการเพิ่มความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) และการรู้คิดแบบที่ไม่สัมพันธ์กัน (Incongruent cognition) ในผู้สูงอายุ (Hsieh et al, 2021) จากรายงาน Meta-analysis ของการทดลองแบบสุ่มของการฝึกแบบ HIIT จำนวน 53 งานวิจัยพบว่า การฝึกออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำกว่าระดับสูงสุด (sub-maximal intensity) เป็นระยะเวลา มากกว่า 2 นาที โดยทำการฝึกมากกว่า 15 นาทีต่อครั้ง เป็นระยะเวลา 4-12 สัปดาห์ จะสามารถเพิ่ม VO_2max ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wen et al, 2019) การฝึกออกกำลังกายด้วยจักรยาน ด้วยการปั่นด้วยความเร็วที่สุด (All out sprint) ที่ความหนัก 7.5% ของน้ำหนักตัวเป็นระยะเวลา 30 วินาที และพักในขณะที่ปั่นด้วยไม่มีแรงต้านด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาทีเป็นระยะเวลา 4 นาที จำนวน 4 ชุดใช้ ระยะเวลาประมาณ 12-24 นาที เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าสามารถเพิ่มสมรรถภาพร่างกายแบบแอโรบิก เพิ่มการรู้คิดแบบไม่สัมพันธ์กันและความแม่นยำในการทดสอบด้วย Attention Network Test ในวัยหนุ่มสาวที่สุขภาพดีได้ (de Sousa et al, 2018) การฝึก HIIT 16 สัปดาห์สามารถลดระยะเวลาตอบสนอง (Reaction Time) ของการทดสอบการรู้คิด แสดงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของใช้ออกซิเจนในขณะกระตุ้นการใช้ความคิดของสมอง (Whitaker et al., 2020) เพิ่ม BDNF ที่มีบทบาทความสำคัญในการสร้าง รักษา ความยืดหยุ่นของสมอง (Saucedo Marquez et al, 2015)

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เป็นตัวกำหนดสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ ที่นำมาประมาณการณความสามารถของการออกกำลังกายที่ใช้สำหรับการป้องกันการเกิดโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่าระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มากจะสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่ำของการเสี่ยงชีวิตจากทุกสาเหตุ (All-cause mortality) โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary artery disease) และโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular disease) นอกจากนี้ในคนที่มีความสามารถทางแอโรบิกสูงสุด (Maximal aerobic capacity) ตั้งแต่ 7.9 เม็ต (MET) ขึ้นไปจะมีอัตราต่ำในการเกิดการเสี่ยงชีวิตจากทุกสาเหตุ โรคหลอดเลือด

เลือดหัวใจ และโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดเมื่อเทียบกับคนที่มีความสามารถทางแอโรบิกสูงสุดน้อยกว่า 7.9 เม็ต (Kodama et al., 2009) ซึ่งระดับสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจที่สูงจะเป็นตัวป้องกันการเสียชีวิตในผู้ชายที่มีระดับการอักเสบในร่างกายที่สูง จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (White blood cell count quartiles) จะมีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ ดังนั้นการประเมินจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวจึงเป็นสามารถใช้ในการประเมินสมรรถภาพทางกายและความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตได้ (Farrell et al., 2021) จากการศึกษาระบบทบทวนอย่างเป็นระบบ (Systematic reviews) ของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงที่ความหนักมากกว่าร้อยละ 85 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด พบว่าเป็นการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาที่น้อยแต่สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการฝึกที่มีอัตราการเกิดความเสียหายต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ต่ำเมื่อนำไปใช้ในการออกกำลังในศูนย์โรคหัวใจในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจหรือผู้ป่วยหัวใจล้มเหลว (Wewege et al., 2018; Sultana et al., 2019) ไม่พบรายงานความเสี่ยงที่รุนแรงเมื่อฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงที่ความหนักที่ร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานวัยกลางคนและผู้สูงอายุในขณะที่ทำการฝึก มีรายงานมีน้ีรยะและความดันต่ำจำนวน 1 ราย จากผู้เข้าร่วมวิจัยที่ฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงจำนวน 23 คน (Hwang et al., 2019) การรายงานอัตราการบาดเจ็บทางกระดูกและกล้ามเนื้อไม่มีความเปลี่ยนแปลงไปในการฝึกในนักกีฬาผู้หญิงหนุ่มสาวในช่วง 2007-2016 การให้คำแนะนำในการฝึกทำท่าที่ถูกต้อง การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะสามารถลดการเกิดความเสียหายต่อการเกิดบาดเจ็บในนักกีฬาผู้หญิงหนุ่มสาวได้ (Rynecki et al., 2019)

การฝึกแบบ HIIT สามารถเปลี่ยนแปลงสารชีวเคมีในเลือดที่แสดงถึงความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆได้ หลังการฝึก HIIT จำนวน 12 สัปดาห์ พบการลดลงของปริมาณไขมันในร่างกาย ระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับไลเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) ไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) และระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Khammassi et al., 2018; Hayes et al., 2020) จากการที่ระดับไขมันในเลือดและระดับน้ำตาลในเลือดเป็นตัวบ่งบอกอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ ตามคำสั่งของกองทัพอากาศ นักบินกองทัพอากาศจะได้รับการประเมินตามมาตรฐานการตรวจทางแพทย์ของผู้ทำการบนอากาศยานเป็นประจำ รวมถึงการประเมินระดับสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry) เพื่อป้องกันภาวะความเสี่ยงจากความผิดปกติต่างๆที่จะเกิดขึ้น (กองทัพอากาศ,2556) ผู้วิจัยคาดว่า การฝึก HIIT จากโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานจะสามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบหายใจ ที่ส่งผลต่อเปลี่ยนแปลงระดับสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry) ในนักบินได้

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะสามารถเพิ่มระดับความเข้มข้นของ BDNF ในเลือดในขณะพัก (Dinoff et al, 2016) การฝึกหนักสลับเบา (Interval Training) เป็นวิธีการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของ peripheral BDNF ในกลุ่มวัยหนุ่มสาวสุขภาพดี (Young healthy adult) และเป็นการออกกำลังกายที่เพียงพอต่อการส่งเสริมสุขภาพ (การทำงานของสมองและสรีรวิทยา) ในประชากรกลุ่มวัยหนุ่มสาว (Garcia-Suarez et al, 2021) การฝึกการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแลคเตทนั้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ BDNF โดยเฉพาะการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training, HIIT) ที่สามารถกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF จึงส่งผลดีต่อการทำงานของสมอง ที่แลคเตทที่เกิดจาก HIIT ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานของไมโตรคอนเดรียที่ควบคุมระบบในฮิปโปแคมปัส พร้อมทั้งส่งผลดีต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ดีกว่าการฝึกที่ความหนักปานกลางหรือการฝึกที่ความหนักระดับสูงเป็นระยะเวลานาน (Huang et al., 2021; Hu et al., 2020) การฝึกออกกำลังกายด้วยจักรยานเป็นระยะเวลา 20 นาที พบว่าการฝึกแบบ HIIT ที่ความหนักที่ร้อยละ 90 ของความหนักสูงสุด เป็นระยะเวลา 60 วินาที และพักที่ความหนักที่ 60 วัตต์ เป็นระยะเวลา 60 วินาที จำนวน 10 ชุด พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF ที่มากกว่าการฝึกที่ความหนักสูงที่ร้อยละ 70 ของความหนักสูงสุด ดังรูปที่ 9 (Saucedo Marquez et al., 2015; Martínez-Díaz et al., 2020) และมีระดับการรู้คิดด้านสมาธิและความทรงจำจากการทดสอบด้วย Digit Span Test ที่เพิ่มมากขึ้น (Martínez-Díaz et al., 2020)



รูปที่ 9 เปรียบเทียบระดับ BDNF จากการออกกำลังกายที่ความหนักสูงและการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง

ที่มา: Saucedo Marquez et al. (2015)

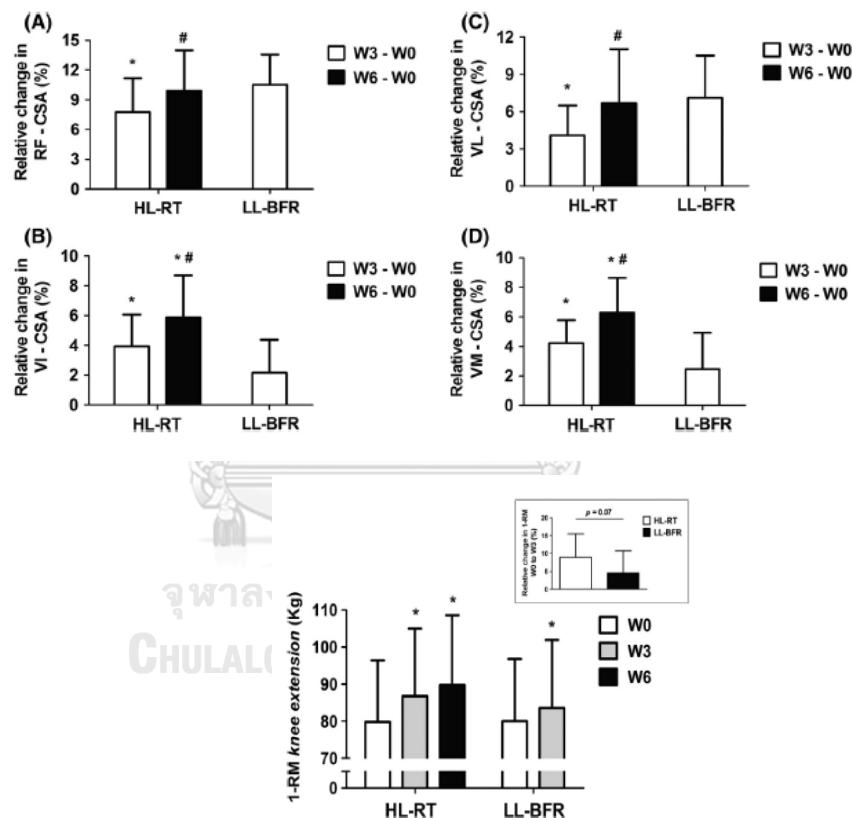
การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงด้วยน้ำหนักตัว (Bodyweight high-intensity interval training) เป็นการฝึกที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทำให้ผู้ฝึกสามารถทำการฝึกได้ด้วยตนเอง สามารถออกกำลังภายในทุกส่วนของร่างกาย เป็นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและการหายใจที่มีการควบคุมความหนักของการออกกำลังกายจากอัตราเต้นของหัวใจได้ เมื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงด้วยน้ำหนักตัวและการปั่นจักรยานที่มีระดับการฝึกและการพักที่เท่ากันคือ 60 วินาที เป็นจำนวน 10 ชุดเท่ากัน พบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับแลคเตทที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงด้วยน้ำหนักตัวสามารถกระตุ้นให้ทำถึงเป้าหมายอัตราหัวใจเต้นที่กำหนดและมีความสนุกสนานที่มากกว่าการฝึกด้วยการปั่นจักรยาน (Hendker and Eils, 2021; Hesketh et al., 2021) รูปแบบการออกกำลังกายหรือการทำกายบริหารทางทหารปกติจะมีรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ น้ำหนักตัว ยกตัวอย่างเช่น การฝึกออกกำลังกายแบบท่าราชานาวี ที่มีท่าออกกำลังกาย เช่น การกระโดดตบ กระโดดทิ้งย่อ ท่าดันพื้น เป็นต้น (กองทัพบก, 2558) ดังนั้นการฝึกด้วยน้ำหนักตัวจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงสำหรับนักบินหรือศิษย์การบินที่มีความคุ้นเคยกับกายบริหารทางทหาร และคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ได้ในการฝึกจริง โดยใช้การกำหนดความหนักจากการตั้งอัตราหัวใจเต้นเป้าหมายได้

7.2. การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with blood flow restriction, RT-BFR)

การฝึกแบบมีแรงต้านสามารถเพิ่มความแข็งแรงและมวลกล้ามเนื้อได้ การฝึกที่มีแรงต้านสูงจะสามารถเพิ่มกำลังและมวลกล้ามเนื้อได้ดีกว่าแรงต้านที่น้อย แต่การฝึกที่มีแรงต้านที่สูงจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ง่ายกว่าการฝึกที่มีแรงต้านที่น้อยกว่า จากการศึกษาของ Lixandrao et al. (2017) พบว่าการฝึกที่มีแรงต้านสูงมีประสิทธิภาพในการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อมากกว่าการฝึกแบบมีแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต แต่การเพิ่มของมวลกล้ามเนื้อนั้นไม่มีความแตกต่างจากการฝึกแบบมีแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต การฝึกแบบมีแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ใช้สายรัดควบคุมความดัน (Pressured cuff) ที่ขนาดกว้างเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ (Power output) และความเร็วของการยกน้ำหนัก (Bar velocity) ซึ่งขนาดของสายรัดควบคุมความดันเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการปรับตัวของกล้ามเนื้อจากการฝึกแบบมีแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Wilk et al., 2020)

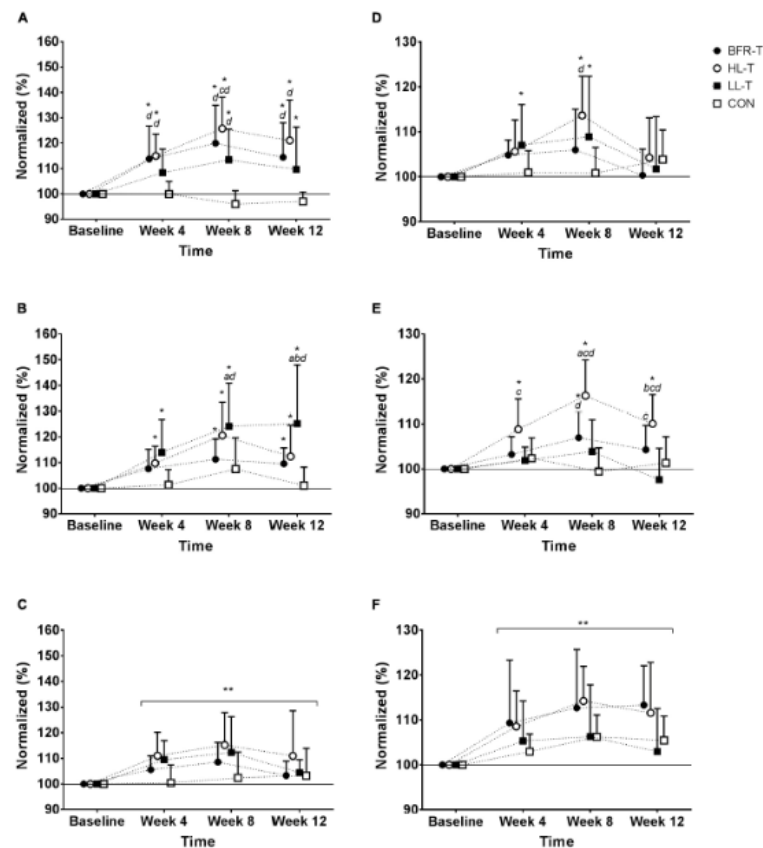
การฝึก RT-BFR ที่ใช้น้ำหนักน้อยและมีจำนวนครั้งในการยกที่สูง (Low load resistance training combined with blood flow restriction, LL-BFR) เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าสามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อจากการทดสอบด้วยพื้นที่หน้าตัด (Cross sectional area) ของกล้ามเนื้อและมีการเพิ่มของกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ในครั้งเดียว (one-

repetition maximum, 1RM) ไม่แตกต่างจากการฝึกแบบแรงต้านหนักความหนักสูง (High load resistance training, HL-RT) ดังรูปที่ 10 โดยที่ การฝึก LL-BFR ไม่เกิดการบวมของกล้ามเนื้อ (Muscle swelling) ในขณะที่เกิดการบวมของกล้ามเนื้อจากการฝึกแบบ HL-RT (Shiromaru et al., 2019) การฝึก RT-BFR ที่ทำอาการฝึกทั้งรยางค์ส่วนบนและส่วนล่างสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนบนและส่วนล่างได้ 11 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบว่ามี การเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (Lean mass) และขนาดของกล้ามเนื้อในสัปดาห์ที่ 8 และเมื่องดการฝึก 4 สัปดาห์ก็ยังคงมีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึกที่ 6 เปอร์เซ็นต์ (Brandner et al., 2019) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 เปรียบเทียบ กล้ามเนื้อจากการทดสอบพื้นที่หน้าตัด (Cross sectional area)และกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดและกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ในครั้งเดียว

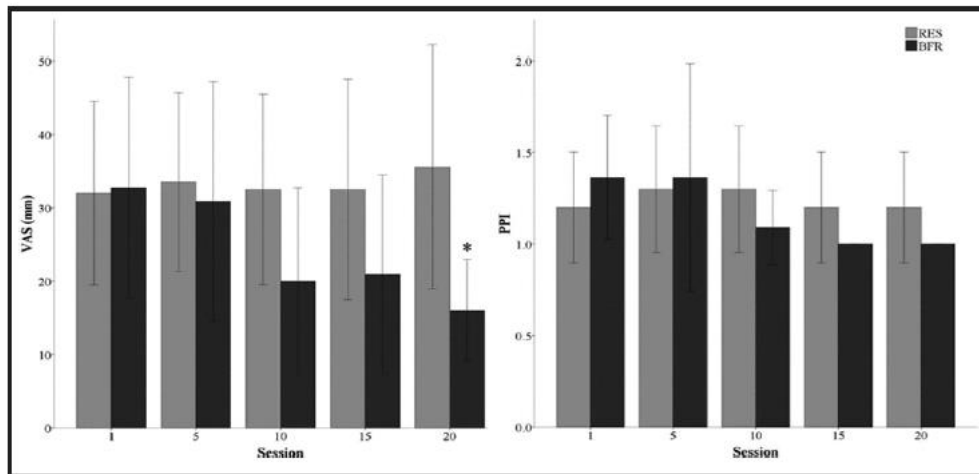
ที่มา: Shiromaru et al. (2019)



รูปที่ 11 แผนภูมิเปรียบเทียบกำลังกล้ามเนื้อที่ประเมินจากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว ของการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFT-T) ฝึกแบบแรงต้านหนักความหนักสูง (HL-T) ฝึกแบบแรงต้านหนักความหนักน้อย (LL-T) และกลุ่มควบคุม (CON) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์และงดการฝึก 4 สัปดาห์

ที่มา: Brandner et al. (2019)

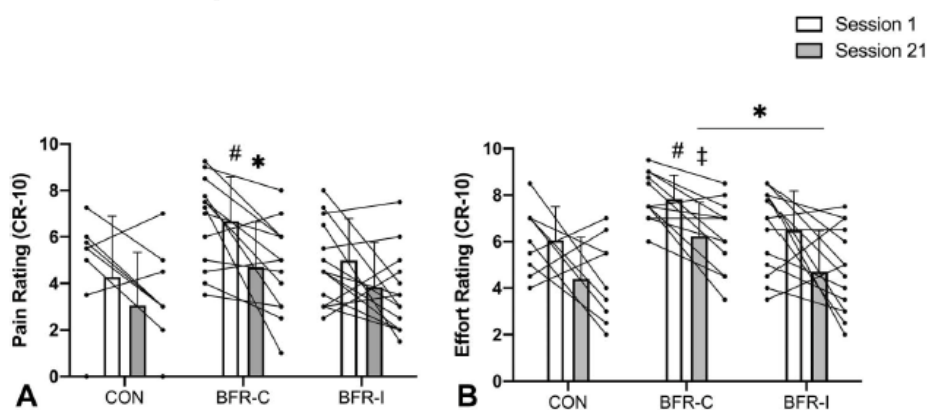
การฝึกแบบมีแรงต้านที่ความหนักสูง (HL-RT) จะสามารถเกิดการรับรู้การเจ็บปวดในขณะที่ออกกำลังกาย (Perception of pain) ซึ่งพบว่าในการฝึกในครั้งแรกการฝึกแบบ RT-BFR มีระดับความรู้สึกการเจ็บปวดไม่แตกต่างจากการฝึกแบบมีแรงต้านที่ความหนักสูง แต่ระดับอาการปวดที่วัดจาก Visual analog scale ของการฝึกแบบ HL-RT จากการฝึกจำนวน 8 สัปดาห์พบว่าไม่พบความแตกต่างของระดับการรับรู้การเจ็บปวด ตั้งแต่การฝึกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 20 แต่การฝึกแบบ RT-BFR พบว่ามีการลดลงของการรับรู้การเจ็บปวดในขณะที่ออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Early et al., 2020) ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 เปรียบเทียบการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายระหว่างการฝึกแบบแรงต้านที่ความหนักสูงและจากการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด

ที่มา: Early et al. (2020)

เมื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบ RT-BFR ที่ทำการจำกัดการไหลเวียนเลือดตลอดช่วงการฝึก (Continuous blood flow restriction, BFR-C) กับ การฝึกแบบ RT-BFR ที่มีการจำกัดการไหลเวียนเลือดเป็นช่วงในระหว่างการฝึก (Intermittent blood flow restriction, BFR-I) ระดับการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายและการรับรู้ความพยายามในการออกกำลังกาย (Effort) ของการฝึกแบบ BFR-C มีค่าสูงและมีค่าลดลงเมื่อทำการฝึก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบ BFR-I พบว่าการฝึกแบบ BFR-I มีระดับการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายน้อยกว่าการฝึกแบบ BFR-C (Davids et al., 2021) ดังรูปที่ 13

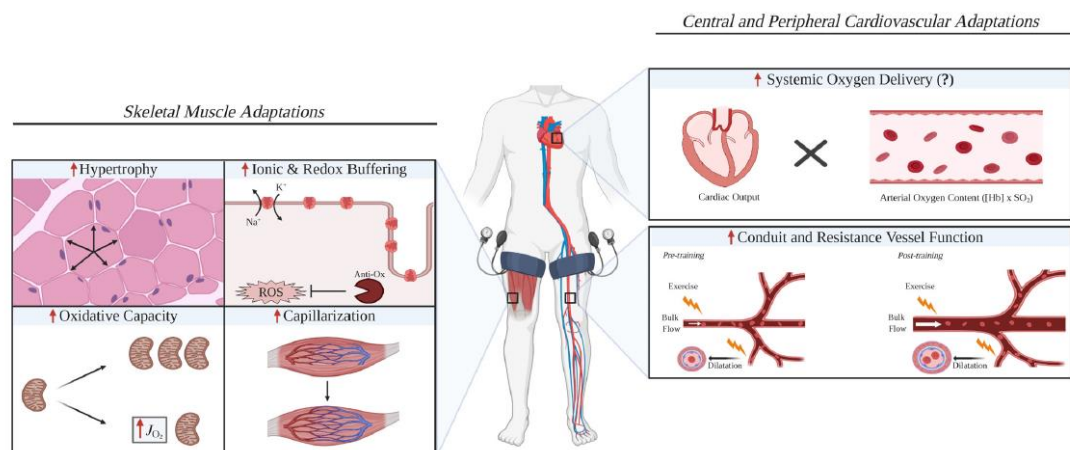


รูปที่ 13 แผนภูมิเปรียบเทียบการรับรู้อาการเจ็บปวดในขณะออกกำลังกายและการรับรู้ความพยายามในการออกกำลังกาย

ที่มา: Davids et al. (2021)

การฝึกแบบ RT-BFR สามารถกระตุ้นการพัฒนาการเผาผลาญพลังงานของกล้ามเนื้อ (Muscle metabolic adaptation) ดังรูปที่ 11 ที่ไม่แตกต่างจากการฝึกแบบ HL-RT ซึ่งการฝึกทั้ง RT-BFR และ HL-RT จะทำให้เกิดการพัฒนาการสร้างโปรตีนในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria protein synthesis) และเพิ่มประสิทธิภาพของขบวนการสร้างพลังงานที่ใช้ออกซิเจน (Mitochondria respiration) ทำให้มีการตอบสนองของการส่งสัญญาณของกล้ามเนื้อ (Myocellular signaling responses) ที่ไม่แตกต่างกันแม้ว่าการฝึกแบบ RT-BFR มีการใช้น้ำหนักในการฝึกที่น้อยกว่า (Groennebaek et al., 2018) การฝึกแบบ RT-BFR จะทำให้เกิดการลดลงของปริมาณสารที่มาทางหลอดเลือด (Blood-borne substrate availability) เช่น ออกซิเจน สารพลังงานนอกเซลล์ จึงส่งผลให้เกิดการเพิ่มของสารต่างที่ใช้สำหรับการสร้าง ATP ที่อยู่ในกล้ามเนื้อ เช่น โกลโคเจน Phosphocreatine (PCr) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของเมตาบอลิซึมนี้จะส่งผลให้เกิดการเพิ่มความเครียดและการส่งสัญญาณที่ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของไมโทคอนเดรีย (Mitochondria adaptations) ที่ส่งผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อ (Skeletal muscle adaptation) ดังรูปที่ 14 ปริมาณแลคเตทที่ภายหลังการฝึก RT-BFR พบว่าไม่มีความแตกต่างจากการฝึกด้วย HL-RT แต่มีอัตราการรับรู้ (Rating of perceived response, RPE) ที่มากกว่า ภายหลังการฝึกแบบ (Poton and polito, 2016) นอกจากนี้การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือดยังสามารถเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) ทำให้ระยะเวลาของการทดสอบระยะเวลาการที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อจนให้เกิดการล้าหรือหมดแรง (Time to exhaust) มีระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น (Corvino et al., 2014; Nualpech et al., 2019)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 14 การพัฒนาของกล้ามเนื้อและหลอดเลือดจากการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือด

ที่มา: Pignanelli et al. (2021)

การฝึกแบบมีแรงต้านต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ร้อยละ 20-30 ของน้ำหนักสูงสุด ที่ยกได้ครั้งเดียว พบว่าสามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อที่มีจำกัดการไหลเวียนโลหิตและไม่ได้มีการ จำกัดการไหลเวียนโลหิตได้ แต่ในการออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำ เช่น การเดิน จะพบการเพิ่ม ขนาดของกล้ามเนื้อเฉพาะในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ได้รับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ฝึกแบบที่ความหนักสูง ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่มีการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ที่ส่งผลทำให้เกิดการ กระตุ้นเมตาบอลิซึมของการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของขนาดของ กล้ามเนื้ออย่างค้ำที่มีการจำกัดการไหลเวียนโลหิตและกล้ามเนื้อลำตัว การจำกัดการไหลเวียนโลหิตจะ เพิ่มการกระตุ้นการทำงานของสารส่งสัญญาณของ mammalian target of rapamycin (mTOR) ที่ จะถูกกระตุ้นในระยะ 3 ชั่วโมงหลังการฝึก โดยจะพบการเพิ่มขึ้นของการสร้างโปรตีนที่ร้อยละ 56 ของกลุ่มที่ฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนโลหิตอาจจะไม่ได้มีการ กระตุ้นการส่งสัญญาณของ mTOR เพียงอย่างเดียวแต่การกระตุ้นการสร้างโปรตีนที่ถูกกระตุ้นโดย ขบวนการอื่นด้วย เช่น การส่งสัญญาณของ mitogen-activated protein kinase (MAPK) การเกิด ภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia) ในบริเวณที่จำกัดการไหลเวียนโลหิต จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ ปริมาตรของโลหิตที่สูบฉีดออกจากหัวใจ (Stroke volume) จากการที่เลือดถูกส่งไปอยู่บริเวณที่มีการ จำกัดการไหลเวียนโลหิต ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราหัวใจเต้นเพื่อเพิ่มปริมาณเลือดที่ส่งออกจาก หัวใจ (Cardiac output) ซึ่งก็จะส่งผลต่อการเพิ่มการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อที่ไม่ได้มีการจำกัด การไหลเวียนโลหิต ทำให้กล้ามเนื้ออื่นๆที่ไม่จำกัดการไหลเวียนโลหิตได้รับการไหลเวียนโลหิตที่ เพียงพอ การเพิ่มขึ้นของโกรทแฟกเตอร์ (Growth factor) ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจะให้เกิด การเปลี่ยนแปลงทางฮอร์โมนแบบแอนแอโรบิก ทำให้โกรทฮอร์โมน (Growth hormone) และ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) มีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการเพิ่มขึ้น ของกล้ามเนื้อของร่างกาย จึงให้การฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนจะส่งผลทำให้กล้ามเนื้อที่ไม่ได้มี การจำกัดการไหลเวียนของโลหิตได้รับการส่งเสริมให้มีขนาดและมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น (Abe et al., 2012)

7.3. การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and coordination training)

การรู้คิดเป็นวิธีการหนึ่งในคำแนะนำสำหรับการเพิ่มการทำงานของสมอง ซึ่งการฝึกการออก กกำลังกายร่วมกับการฝึกทำกิจกรรมของการรู้คิดเป็นหนึ่งในวิธีการที่เพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน ของการรู้คิด ซึ่งพบว่าการฝึกออกกกำลังกายและการรู้คิดไปพร้อมกันหรือการฝึกตามลำดับสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการรู้คิดร่วมไปกับการส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย (Gavelin et al., 2021) ซึ่งการทำ การรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวเป็นการทำงานแบบ 2 อย่างพร้อมกัน (Dual-

task) ซึ่งเป็นกระบวนการที่กระตุ้นการทำงานของสมอง 2 ระบบไปพร้อมกัน คือกระบวนการการตัดสินใจแบบเร็วที่เป็นการตัดสินใจโดยใช้สัญชาตญาณ ความรู้สึกและกระบวนการแบบช้าที่ต้องมีการกระตุ้นความจำ ใช้สติ สมาธิและเวลาในการประมวลผลข้อมูล (Spunt, 2015) การฝึกการรู้คิด ร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มสมรรถนะของการเคลื่อนไหวของร่างกาย และสมรรถนะของการรู้คิด โดยการส่งเสริมการทำงานของสมองด้านสมาธิซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ด้านความทรงจำของสมอง จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การฝึกการรู้คิด ร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวจำนวน 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 20-30 นาที สามารถเพิ่มความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) สมาธิแบบความสามารถที่จะคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustain attention) ความแม่นยำ ความเร็วในการประมวลผล (Processing speed) การตัดสินใจ (Decision-making) และลดระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) (Romeas et al., 2016; Ducrocq et al., 2018; Fleddermann et al., 2019; Romeas et al., 2019; Harris et al., 2020; Moreira et al., 2021)

7.4. การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)

นักบินขับไล่โจมตีในขณะที่ทำการบินจะมีความเครียดที่เกิดขึ้นต่อส้นหลังที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง การสั่นของเครื่องบินที่เพิ่มมากขึ้น การตกหรือการร่วงหล่นในขณะที่นำเครื่องขึ้น ระหว่างบินในอากาศ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดอาการปวดหลังและพยาธิสภาพต่อหมอนรองกระดูกได้ (Cohen et al., 2012; O'Connor et al., 2020) จากการสำรวจอุบัติการณ์อาการปวดคอและปวดหลังของนักบินขับไล่โจมตีของเครื่องบิน F-16 พบว่ามีอาการปวดคอ 22% อาการปวดหลัง 31% โดยที่อายุ จำนวนชั่วโมงบิน จำนวนชั่วโมงบินที่ต้องใช้อุปกรณ์ประกอบการบินในเวลากลางคืน เช่น Night vision goggles ส่งผลต่อการเกิดอาการปวดหลังและปวดคอ ซึ่งในขณะที่เข้าแรง +Gz การเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้ร่างกายมีความสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราเร่งอย่างรวดเร็ว ในระยะแรกของการเข้าแรงโน้มถ่วง (Thoolen and van den Oord, 2015; Park et al., 2016) ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันผลกระทบต่อแรง +Gz เช่น หมวกและแว่นตาสำหรับภารกิจในเวลากลางคืนอาจส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อได้ ดังนั้นนักบินขับไล่โจมตีจะต้องทราบวิธีการปฏิบัติเพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น การออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว กล้ามเนื้อคอ และการออกกำลังกายที่เพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ซึ่งการฝึกเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และกล้ามเนื้อสามารถลดการกระตุ้น ลดความความรู้สึกตึงเครียดของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความทนทานต่อแรงโน้มถ่วงในขณะที่ทดสอบความทนทานต่อแรงโน้มถ่วง (O'Connor et al., 2020; Rausch et al., 2021) จากการประเมินอาการปวดหลังและพิสัยการเคลื่อนไหวของหลังในนักบินขับไล่โจมตี

พบว่าร้อยละ 68 ของนักบินที่มีอาการปวดหลังจะมีระดับอาการเจ็บปวดอยู่ที่ 3.7 จากคะแนนความปวดเต็ม 10 แม้ไม่พบการลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของหลังแต่พบว่ามีการล่าช้าของกล้ามเนื้อหลังในกลุ่มที่มีอาการปวดเร็วกว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการ (Gomes et al., 2021)

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

สลันการ์ดและคณะ (2019) ได้ทำการศึกษามูลของโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของผู้ทำการในอากาศที่เข้าแรงโน้มถ่วงสูง ในศิษย์การบินกองทัพเรือ ศิษย์การบินกองทัพอากาศของสหราชอาณาจักรจำนวน 36 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 19 คนและกลุ่มทดลองจำนวน 17 คน โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับผู้ทำการในอากาศที่เข้าแรงโน้มถ่วงสูงประกอบด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ หลังการฝึกในขณะที่เข้าฝึกต่อต้านแรงโน้มถ่วงแบบไม่เกร็งกล้ามเนื้อ (Relaxed G-tolerance) โปรแกรมการฝึกส่งผลต่ออัตราหัวใจเต้น ความดันโลหิต ในขณะที่เข้าฝึกต่อต้านแรงโน้มถ่วงแบบเกร็งกล้ามเนื้อ (Straining G-tolerance) มีอัตราหัวใจเต้นที่น้อยกว่าก่อนการฝึกที่ระดับ +5.5Gz ระดับความดันโลหิตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น โปรแกรมการฝึกสามารถเพิ่มอัตราส่วนของการประสบความสำเร็จในการทำจำลองการต่อสู้ทางอากาศ (Simulated air combat maneuvers) แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มแต่การฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของผู้ทำการในอากาศที่เข้าแรงโน้มถ่วงสูง สามารถลดความเครียดที่เป็นผลที่เกิดจากระดับแรงโน้มถ่วงที่กำหนดในจำลองการต่อสู้ทางอากาศในขณะที่ทำต่อต้านแรงโน้มถ่วงแบบเกร็งกล้ามเนื้อและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความสามารถในการเข้าแรงโน้มถ่วงสูงเมื่อมีการเข้าแรงโน้มถ่วงสูงซ้ำ

โรจด์และคณะ (2021) ทำการศึกษามูลของโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีแรงต้านแบบฟังก์ชันนัลต่อความแข็งแรงขนาดกล้ามเนื้อคอ กล้ามเนื้อไหล่ และกิจกรรมของกล้ามเนื้อเมื่อใส่หมวกในขณะที่เข้าแรงโน้มถ่วงในผู้ปฏิบัติงานในเครื่องบินสมรรถนะสูงในจำนวน 18 คน ที่มีกลุ่มทดลอง 12 คน เป็นการฝึกรูปแบบที่มีแรงต้าน 3 รูปแบบ จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ครั้งละ 60 นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ หลังการฝึกพบว่าการเพิ่มขึ้นของแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่สามารถควบคุมได้ในขณะที่ยูนิฟอร์มและขนาดของกล้ามเนื้อในกลุ่มทดลอง ซึ่งสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของการทำงานของกล้ามเนื้อที่แรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่หดตัวในขณะที่เข้าแรงโน้มถ่วง กิจกรรมของกล้ามเนื้อในขณะใส่หมวกและแว่นสำหรับภารกิจในเวลากลางคืนมีค่าสูงในกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มทดลอง การรับรู้อาการเกร็งของกล้ามเนื้อคอหลังจากการเข้าแรงโน้มถ่วงนั้นไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม

เออแคนและกันดัส (2020) ทำการเปรียบเทียบระดับการรู้คิดก่อนและหลังการเข้าแรงโน้มถ่วงในนักบินจำนวน 29 คน พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของนักบินและความแม่นยำของการรู้คิดหลังการเข้าแรงโน้มถ่วง มีความสัมพันธ์ระหว่างความดันโลหิตของนักบินและอายุ ประสบการณ์การบินหลังการเข้าแรงโน้มถ่วง จำนวนชั่วโมงที่น้อยและความสูงของนักบินส่งผลต่อความแม่นยำของการรู้คิดหลังการเข้าแรงโน้มถ่วง ซึ่งแสดงถึงปรับตัวของทางระบบหัวใจและหลอดเลือดนั้นเป็นส่วนสำคัญในการที่เกิดการลดลงของการรู้คิดหลังการเข้าแรงโน้มถ่วงสูง

จิลลิงและคณะ (2020) ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบผสมผสานและการใช้อาหารเสริมในทหารอากาศสหรัฐอเมริกาจำนวน 148 คน กลุ่มออกกำลังกายแบบผสมผสานจำนวน 78 คน กลุ่มการออกกำลังกายแบบผสมผสานและการใช้อาหารเสริมจำนวน 70 คน โปรแกรมการออกกำลังกายเป็นการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทั้งร่างกาย (Whole body resistance training) จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับร้อยละ 70-80 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับร้อยละ 90-100 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จากการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานเพียงอย่างเดียวสามารถเพิ่มสมรรถภาพร่างกาย ได้แก่ ความแข็งแรงและความทนทานร้อยละ 8.3 กำลังกล้ามเนื้อร้อยละ 0.85 ความอ่อนตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทรงท่า มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมันร้อยละ 1.4 การรู้คิดด้านความจำร้อยละ 9.5 การรู้คิดด้านการประมวลผลร้อยละ 7.5 ความเร็วในการตอบสนองการรู้คิดด้านแบบบริหารเร็วขึ้นร้อยละ 4.8 และความฉลาดแบบของไหลร้อยละ 19.5 กลุ่มออกกำลังกายแบบผสมผสานและใช้อาหารเสริมพบว่ามี การเพิ่มขึ้นของการรู้คิดด้านความจำร้อยละ 9.0 ความเร็วในการตอบสนองในการทดสอบความฉลาดแบบของไหลเร็วขึ้นร้อยละ 7.7 การรู้คิดด้านการประมวลผลร้อยละ 1.8 มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมันร้อยละ 1.5

แบรนเนอร์และคณะ (2019) ศึกษาการฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทั้งร่างกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตในกลุ่มวัยหนุ่มสาวสุขภาพดีจำนวน 39 คน เป็นการฝึก 8 สัปดาห์และศึกษาผลหลังจากงดการฝึก 4 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มจำกัดการไหลเวียนโลหิต กลุ่มออกกำลังกายแรงต้านที่ความหนักสูง กลุ่มออกกำลังกายแรงต้านที่ความหนักน้อยและกลุ่มควบคุม จากการฝึกเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก พบว่ากลุ่มจำกัดการไหลเวียนโลหิตมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นทั้งรยางค์บนและรยางค์ล่างที่ร้อยละ 11 กลุ่มออกกำลังกายแรงต้านที่ความหนักสูงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 21 หลังการออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มจำกัดการไหลเวียนโลหิตมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มร้อยละ 6 กลุ่มออกกำลังกายแรงต้านที่ความหนักสูงมีความแข็งแรงเพิ่ม 14%

8.2 งานวิจัยในประเทศ

ปัทมา เกิดกาญจน์ (2558) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบปฏิสัมพันธ์ (นินเท็นโด วิ ฟิต) ต่อระบบไหลเวียนเลือด ผู้เข้าร่วมวิจัยมีอายุระหว่าง 18 - 25 ปี จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ออกกำลังกายเป็นประจำและกลุ่มที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายเป็นประจำ ผู้เข้าร่วมวิจัยเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ทั้งหมด 7 เกม เป็นระยะเวลา 20 นาที จากการศึกษาพบว่าในกลุ่มที่ออกกำลังกายเป็นประจำทั้งในขณะพัก, ระหว่างการเล่นแบบปฏิสัมพันธ์, และภายหลังการเล่นแบบปฏิสัมพันธ์ มีการไหลเวียนเลือดดีกว่ากลุ่มที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ภายหลังการเล่นแบบปฏิสัมพันธ์พบค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้งมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

วิรัชรอง นวลเพชรและคณะ (2562) ศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อความสามารถทางกีฬาจักรยานของนักกีฬาจักรยานระดับเยาวชนชายประเภทใหม่ไทรอัล ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาจักรยานระดับเยาวชนชายประเภทใหม่ไทรอัล อายุเฉลี่ย 16 ± 2 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกจักรยานจำนวน 13 คน และกลุ่มฝึกจักรยานเสริมด้วยการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว จำนวน 12 คน ทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกโปรแกรมการฝึกจักรยานคือ ปั่นจักรยานที่ความหนัก 65-80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระยะเวลา 120 นาที จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ และปั่นจักรยานที่ความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระยะเวลา 75-90 นาที จำนวน 4 วันต่อสัปดาห์ กลุ่มฝึกจักรยานเสริมด้วยการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวทำการฝึกเพิ่มเติมด้วยสวิสบอล และเครื่องกำหนดแรงต้านที่ความหนัก 75 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการออกแรงสูงสุดหนึ่งครั้ง จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ หลังการฝึก 8 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มฝึกจักรยานเสริมด้วยการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีการใช้ระยะเวลาในการปั่นจักรยานใหม่ไทรอัล 20 กิโลเมตรลดลง รวมถึงเวลาที่ทนต่อความเมื่อยล้า ความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในท่าเหยียดตัวและงอตัวเพิ่มขึ้น ความล้าของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในท่าเหยียดตัวลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มฝึกจักรยานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประสิทธิ์ ปิปทุม และ อัจฉริยะ เอนก (2562) ศึกษาและเปรียบเทียบผลการฝึกแบบหนักสลับพักที่ความหนักระดับสูงเหนือจุดสูงสุด และการฝึกแบบหนักสลับพักที่ความหนักระดับสูงเหนือจุดสูงสุดแบบเฉพาะเจาะจงกับกีฬาที่มีต่อมวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 45 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกแบบหนักสลับพักที่ความหนักระดับสูงเหนือจุดสูงสุด (SIT) ฝึกแบบหนักสลับพักที่ความหนักระดับสูงเหนือจุดสูงสุดแบบเฉพาะเจาะจงกับกีฬา

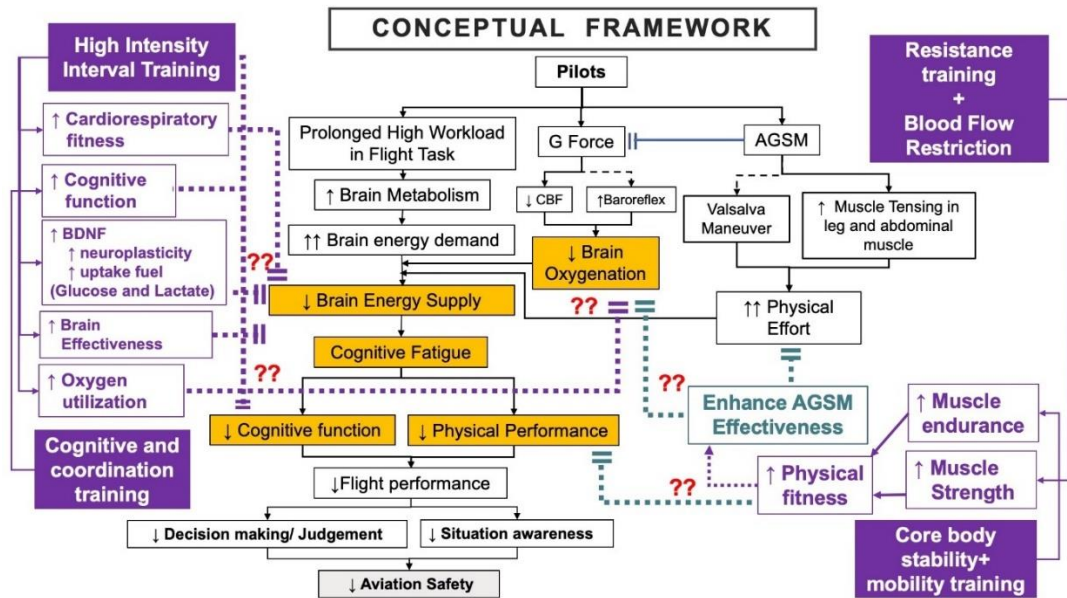
(SSIT) กลุ่ม SIT ฝึกที่ความหนักของโหลดร้อยละ 170 ณ จุดที่มีการใช้ออกซิเจนสูงสุด 30 วินาที และพักระหว่างชุด 30 วินาที เป็นเวลา 10 นาที และกลุ่ม SSIT ฝึกการออกกำลังกายหนักสลับพัก จำนวน 10 ท่า โดยฝึก 30 วินาทีต่อท่า มีช่วงพักระหว่างท่า 30 วินาทีทำการฝึกจนกระทั่งครบ 10 ท่า ทั้งสองโปรแกรมได้มีการออกแบบให้มีการใช้พลังงานและช่วงเวลาการฝึกที่เท่ากัน จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลการวิจัย ค่าเฉลี่ยมวลของไขมันที่ขาซ้ายและขาขวาลดลงทั้งในกลุ่ม SIT และกลุ่ม SSIT เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นในกลุ่มฝึก SIT และกลุ่ม SSIT เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON) ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อที่ลำตัวและแขนระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

นักบินขณะทำการบินจะเผชิญสภาวะแวดล้อมที่มีกดดันสูง จากภาระงานจำนวนมากเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของสมองเพิ่มมากขึ้น สมองต้องการพลังงานที่สูง แต่การเข้าเผชิญกับแรง +Gz ที่เป็นปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดการลดลงของความดันโลหิตเลือดสมอง ลดการไหลเวียนของเลือดในสมอง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนไปที่สมองลดลง ร่วมกับการทำ AGSM ที่ทำเพื่อป้องกันการที่เลือดไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาและรักษาระดับปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง แต่การทำ AGSM จะทำให้มีการใช้ความพยายามทางกายเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะนักบินที่มีประสบการณ์น้อย จะมีการใช้กำลังทางกายที่มากกว่านักบินที่มีประสบการณ์มากกว่า ซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มการใช้พลังงานทางกายในขณะที่ทำ AGSM ที่อาจจะส่งผลให้ไม่สามารถทำ AGSM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลทำให้ปริมาณการจัดส่งกลูโคสและออกซิเจนไปที่สมองลดลง เกิดการลดลงของการรู้คิดที่จะส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ลดสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลต่อสมรรถนะการบิน ทำให้เกิดการลดลงของการตระหนักรู้ตัวในสถานการณ์และการตัดสินใจ ที่ส่งผลกระทบต่อลดลงของนิรภัยการบิน

จากการทบทวนวรรณกรรม การฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานที่มีการฝึกสลับช่วงที่ความหนักสูงจะช่วยทำให้มี BDNF เพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มการส่งพลังงานไปที่สมองเพิ่มมากขึ้น บรรเทาการลดลงของการรู้คิด การฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวจะช่วยส่งเสริมการรู้คิด คาดว่าจะทำให้ลดผลที่เกิดขึ้นจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจะช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของการทำ AGSM ทำให้สามารถป้องกันการที่เลือดไหลไปรวมกันอยู่บริเวณขาและรักษาระดับปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองในขณะที่ลดการใช้พลังงานจากการทำ AGSM เพิ่มประสิทธิภาพของการทำ AGSM จากการเพิ่มระยะเวลาที่ทำให้เกิด

อาการล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้สามารถรักษาระดับของความดันระดับศีรษะทำให้มีพลังงานส่งต่อไปที่สมองเพิ่มมากขึ้น ตามรูปที่ 15



รูปที่ 15 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

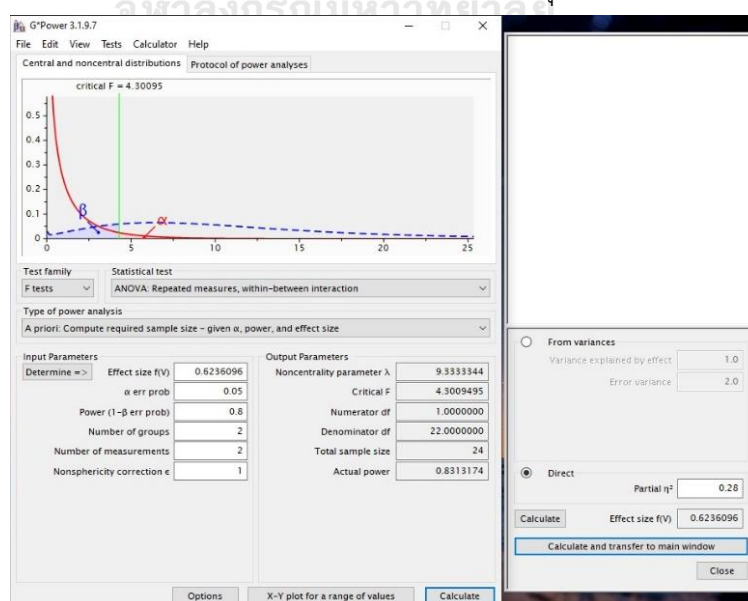
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประชากร

ศิษย์การบินกองทัพอากาศ เพศชาย อายุระหว่าง 24-27 ปี และเข้าฝึกหลักสูตรศิษย์การบินของกองทัพอากาศชั้นมัธยมที่ทำการบินกับเครื่องบินแบบฝึกที่ 19 หรือเครื่องบินแบบ PC-9

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ ศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ได้รับการเข้าฝึกของกองทัพอากาศไทยและจะทำการบินกับเครื่องบินแบบฝึกที่ 19 หรือเครื่องบินแบบ PC-9 แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชัน 3.1 (Faul et al., 2007) โดยใช้ตัวแปรการรู้คิดด้านทักษะพิสัย อ้างอิงจากงานวิจัยของ Fleddermann et al (2020) ที่ Partial eta square เท่ากับ 0.28 กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คำนวณขนาดของผลกระทบ (Effect size) จากค่าเฉลี่ยระยะเวลาการตอบสนองและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ตามรูปที่ 16 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 12 คน ผู้วิจัยป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของผู้เข้าร่วมการวิจัยระหว่างดำเนินการทดลองจนอาจทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่พอแก่การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยคำนวณกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมจากจำนวนเดิม 24 คน เพิ่มเติมอีกจำนวนร้อยละ 20 เท่ากับ 6 คน การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 15 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม



รูปที่ 16 การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากคำนวณได้ คือ 30 คน แต่ในศิษย์การบินรุ่น 149 มีจำนวนทั้งหมด 15 คน และรุ่น 150 มีจำนวนทั้งหมด 14 คน ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีผู้เข้าคัดกรองจำนวน 29 คน โดยพบว่ามื่ออาสาสมัครออกจากงานวิจัยจำนวน 2 คน จึงทำให้มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 27 คน

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (Control Group; CG) จำนวน 15 คน แนะนำให้ทำการออกกำลังกายแบบปกติ จำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ลักษณะการออกกำลังกายจะเป็นรูปแบบเดียวกับการทดสอบสมรรถภาพร่างกายของศิษย์การบินซึ่งศิษย์การบินจะได้รับการฝึกซ้อมเป็นปกติ ได้แก่ การวิ่ง การลูกนึ่ง การดันพื้น โดยกำหนดให้มีระยะเวลาการออกกำลังกายเฉลี่ยวันละประมาณ 60 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่โรงเรียนการบินกำหนดให้ศิษย์การบินออกกำลังกายเป็นประจำทุกวันหลังเลิกเรียน โดยจะมีระยะเวลารวมเฉลี่ย 12 สัปดาห์เท่ากับกลุ่มการฝึกแบบผสมผสาน

กลุ่มที่ 2 กลุ่มการฝึกแบบผสมผสาน (Multimodal group; MG) จำนวน 15 คน เป็นการฝึกจำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ประกอบไปด้วย

- การฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and Coordination training) ทำการฝึกก่อนการฝึก HIIT จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในวันจันทร์ วันพุธ วันศุกร์ โดยจะเริ่มปฏิบัติเป็นการฝึกแรก

- การฝึกแบบ HIIT เป็นการออกกำลังกายด้วยน้ำหนักของร่างกายที่มีการใช้ทุกส่วนของร่างกาย จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในวันจันทร์ วันพุธ วันศุกร์ โดยจะปฏิบัติหลังการฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อทรงท่า โดยจะทำการฝึกก่อนการฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว ทำจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ในวันจันทร์ วันพุธ วันศุกร์ โดยจะปฏิบัติหลังการฝึกแบบ HIIT

- การฝึก RT-BFR เป็นการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ในวันอังคารและวันพฤหัสบดี โดยจะเริ่มปฏิบัติหลังการอบอุ่นร่างกายเป็นระยะเวลา 10 นาที

- การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทรงท่า โดยจะทำการฝึกหลังจากการฝึก RT-BFR ทำจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ในวันอังคารและวันพฤหัสบดีโดยจะปฏิบัติหลังการฝึก RT-BFR

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากประชากรทั้งหมด โดยพิจารณาตามลักษณะดังนี้

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย (Inclusion criteria)

1. ศิษย์การบินชั้นมัธยมศึกษาภาคอากาศและภาควิชาการที่ทำการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ของกองทัพอากาศ อายุระหว่าง 24 – 27 ปี
2. เป็นผู้ถนัดขวา
3. เป็นผู้ที่มีกิจกรรมทางกายตั้งแต่ระดับกลางขึ้นไปจากการประเมินด้วยแบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global Physical Activity Questionnaire)
4. มีความสมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย
5. ผ่านการประเมินแบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q+) และตอบ “ไม่ใช่” ทุกข้อ
6. เป็นผู้ที่ได้รับวัคซีนโควิด-19 อย่างน้อย 2 เข็ม

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากกรวิจัย (Exclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยขอยุติเข้าร่วมงานวิจัยหรือไม่สามารถปฏิบัติตามข้อตกลง คำแนะนำของการทำวิจัยได้
2. ไม่สามารถประเมินการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
3. เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 ของระยะเวลาฝึกทั้งหมดหรือการเข้าร่วมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงน้อยกว่า 28 ครั้งและการฝึกที่มีการจำกัดการไหลเวียนโลหิตน้อยกว่า 19 ครั้ง จากการฝึกทั้งหมด 60 ครั้ง

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่าง เพื่อป้องกันความแตกต่างของการฝึกออกกำลังกายที่จะส่งผลต่อการเรียนและการบินของศิษย์การบิน ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purpose sampling) ในศิษย์การบินชั้นมัธยมที่กำลังศึกษาภาคอากาศในรุ่นที่ 149 และรุ่นที่ 150 โดยจะทำการแบ่งกลุ่มให้มีรูปแบบการฝึกออกกำลังกายให้เหมือนกันในชั้นเรียนเดียวกัน เพื่อป้องกันความแตกต่างของการฝึกที่จะอาจส่งผลต่อการเรียนของศิษย์การบินในแต่ละรุ่น โดยที่รุ่นที่ 149 ที่จะเป็นผู้ที่จบการศึกษาจากโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชอย่างช้าที่สุดในปี 2563 เป็นกลุ่มการฝึกแบบกลุ่มควบคุม รุ่นที่ 150 ที่เป็นผู้ที่จบการศึกษาจากโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชอย่างช้าที่สุดในปี 2564 เป็นกลุ่มการฝึกแบบผสมผสาน แต่เนื่องจากประชากรมีขนาดเล็กผู้วิจัยจึงจะสุ่มแบบการเลือกกลุ่มประชากรทั้งหมด (Total population sampling)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ปัญหางานวิจัย การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับสรีรวิทยาทางการบิน ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด เมตาบอลิซึมของสมอง เพื่อออกแบบกรอบแนวคิดงานวิจัย และกำหนดสมมติฐานของงานวิจัย วันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2564 ผู้วิจัยได้เข้าพบพล.อ.ต.เสกสันต์ คันธา ผู้บัญชาการโรงเรียนการบิน เพื่อขอความต้องการและปัญหาที่จะพัฒนาศักยภาพของศิษย์การบิน กองทัพอากาศ ซึ่งพบว่ามีความต้องการการพัฒนาความรู้คิดและการตัดสินใจ จากนั้นผู้วิจัยได้เข้าไปขอคำปรึกษาที่สถาบันเวชศาสตร์การบิน ได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับความต้องการของปัญหาเรื่องการพัฒนาการรู้คิดที่เกิดจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิด จาก น.อ.หญิง อุบลรัตน์ หวายเจริญ นักจิตวิทยาคลินิก สถาบันเวชศาสตร์การบิน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับสรีรวิทยาทางการบิน ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด เมตาบอลิซึมของสมอง เพื่อออกแบบกรอบแนวคิดงานวิจัย ผู้วิจัยได้ขอคำปรึกษาครูการบินที่ทำการสอนศิษย์การบินหลายท่านเกี่ยวกับ รูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับศิษย์การบินและตารางเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบและการฝึก จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบผสมผสาน การออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต การฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ผู้วิจัยทำการจัดการประชุมระหว่างผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและผู้บัญชาการโรงเรียนการบิน เพื่อดูความเป็นไปได้ของการทำงานวิจัย ในวันที่ 16 กรกฎาคม และ 17 สิงหาคม 2564 โดยพูดคุยรายละเอียดของการทดสอบ การฝึกและการทำงานวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการพัฒนาศักยภาพของศิษย์การบินที่เกี่ยวข้องกับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน การออกแบบกรอบแนวคิดงานวิจัยและกำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยให้สอดคล้องกับการเรียนของศิษย์การบิน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษานำร่อง (Pilot study)

ทำการศึกษานำร่องเพื่อดูความเป็นไปได้ของวิธีการทดสอบ การฝึกและการเก็บข้อมูลในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

1) การศึกษาและทดลองการใช้เครื่องมือสำหรับการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึกและขณะทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

2) การทดสอบความเป็นได้ของอุปกรณ์การวัดความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Cerebral blood flow velocity) โดยวัดความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนบริเวณหลอดเลือดสมอง มิเดิล เซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ (Middle cerebral artery blood flow velocity; MCBV) ด้วยทรานสคราเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (Transcranial Doppler ultrasound) ในขณะที่ทำการทดสอบการรู้คิดและการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและทำการฝึกการประเมินด้วยด้วยท

รานสเครเนียล ดอปเลอร์ อัล ตราซาวด์ โดยได้รับการอนุเคราะห์การเข้าศึกษาและรับการแนะนำวิธีการตรวจหลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (TCD) ณ หน่วยตรวจสาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล โรงพยาบาลศิริราช (ภาคผนวก ก) และผู้วิจัยทำการฝึกการประเมินเพื่อให้เกิดความชำนาญในกลุ่มอาสาสมัครสุขภาพดีอย่างน้อยจำนวน 20 คน จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำระหว่างวันของผู้วัดคนเดิม (Within-day intra-rater reliability) โดยทำการวัดซ้ำ 2 ครั้งห่างกัน 10 นาที ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient, ICC) ในกลุ่มอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 10 คน พบว่ามีค่าความน่าเชื่อถือของการวัดในระดับสูงมาก ICC ของความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ที่ 0.98 (0.91-0.99) ICC ของความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity; TAPv) ที่ 0.94 (0.8-0.98) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3) การทดสอบเครื่องมือการวัดการรู้คิดและเครื่องมือสำหรับวิธีการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด โดยได้ทำการศึกษาสำรวจในนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจำนวน 5 คน พบว่าหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย Time Load Dual-back Task (TloadDBack) (Borragan et al., 2017) ทำให้เกิดการลดลงของการไหลเวียนเลือดในสมองจากการประเมินด้วยทรานสเครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ มีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการตอบสนองจากการทดสอบการรู้คิดด้วยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) (Mueller et al., 2014) พร้อมทั้งมีระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ภาระงานจากการประเมินด้วยแบบประเมินตนเอง NASA-TLX และ ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) ที่เพิ่มมากขึ้นหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

4) ทดสอบการใช้อุปกรณ์ที่จะนำไปใช้ร่วมในการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด เช่น ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง (ScO₂) ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจและการประเมินระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) หรือ ความถูกต้อง (Correction) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ด้วย โปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) (Mueller et al, 2014)

5) สร้างแบบประเมินเพื่อการเก็บข้อมูลขณะทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

6) ศึกษาและปรับการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิดให้เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบินกับนักจิตวิทยาและจิตแพทย์ของสถาบันเวชศาสตร์การบิน กองทัพอากาศ จากนั้นได้ทำการนำเสนอโครงร่างงานวิจัยกับแพทย์เวชศาสตร์การบิน ในการประชุมวิชาการของแพทย์เวชศาสตร์การบิน เพื่อขอคำปรึกษาและคำแนะนำเพิ่มเติมในการประเมินและการฝึกให้สอดคล้องกับศิษย์การบินและนักบินกองทัพอากาศ (ภาคผนวก ข)

7) ส่งเอกสารขอความอนุเคราะห์ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยนำเสนอผู้บัญชาการทหารอากาศและได้รับอนุญาตให้เข้าทำงานวิจัยในศิษย์การบินกองทัพอากาศโดยอยู่ภายใต้การดำเนินการของผู้บัญชาการโรงเรียนการ (ภาคผนวก ป)

8) ได้รับการอนุเคราะห์จากผู้บัญชาการโรงเรียนการบินให้ทำการศึกษานำร่องในศิษย์การบินจำนวน 8 คน เพื่อดูความเหมาะสมในการประเมินสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ เช่น การประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\text{peak}$) ด้วย Bruce protocol การประเมินการทำงานของหลอดเลือด การประเมินสมรรถภาพการบินในห้องฝึกบินด้วยสถานการณ์จำลองและการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิดตั้ง พบว่ามีร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ย ยกเว้นระยะเวลาตอบสนองของการตอบคำถามจากการทดสอบ Visual search และระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในขณะที่มีการลดลงของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความเร็วการไหลเวียนเลือดในสมองเฉลี่ย แต่เมื่อได้สอบถามตารางการเรียนและการเปลี่ยนแปลงแบบเครื่องบินของศิษย์การบินระหว่างเรียน จึงไม่สามารถทำการทดสอบสมรรถภาพการบินได้ ผู้วิจัยจึงต้องตัดตัวแปรนี้ออกจากงานวิจัยและได้ดำเนินการแจ้งรายละเอียดแก่คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว

9) ทำการประเมินความเสี่ยงความของการทดสอบด้วยทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ ตามแนวทางปฏิบัติของ The British Medical Ultrasound Society จะใช้การประเมิน Thermal index for cranial bone (TIC) แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการเกิด Cavity จากการทดสอบ โดยพบว่าค่า TIC ที่ 0-1 เป็นค่าที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการจำกัดเวลาในการทดสอบ โดย TIC ระหว่าง 0.7-1 จะจำกัดการทดสอบที่ 60 นาที จากการศึกษา นำร่องในในศิษย์การบินและการประเมินในนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา รวมทั้งหมด 13 คน พบว่ามีระยะเวลาทดสอบการการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ 45-50 นาที มีค่า TIC ที่ระหว่าง 0.7-0.9 ซึ่งเป็นค่า TIC ที่อยู่ในระยะเวลาปลอดภัยต่อการใช้การประเมินด้วย ทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (British Medical Ultrasound Society, 2010; Society of Radiographers and British Medical Ultrasound Society, 2021)

ขั้นตอนที่ 3 สร้างและพัฒนารูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับศิษย์การบินและการขออนุญาตทำวิจัยและการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

1) กำหนดรูปแบบโปรแกรมการฝึกผสมผสานที่เหมาะสมสำหรับศิษย์การบินตามลักษณะงานและองค์ความรู้จากการทบทวนวรรณกรรม รูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานจำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ รูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานประกอบด้วย การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวทั่วร่างกาย การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต การฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

2) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน

3) เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 1 ท่าน แพทย์เวชศาสตร์การบิน 1 ท่าน นักกายภาพบำบัด 1 ท่าน ครูผู้สอนการออกกำลังกาย (Fitness trainer) 1 ท่าน และครูการบิน 1 ท่าน ทำการตรวจและพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน และเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยแพทย์เวชศาสตร์การบินและจิตแพทย์ 1 ท่าน นักจิตวิทยาคลินิกผู้เชี่ยวชาญทางจิตวิทยาของผู้นำการในอากาศ 1 ท่าน และอาจารย์สรีรวิทยาการแพทย์และประสาทวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ทำการตรวจและพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาจะใช้เกณฑ์ ค่าดัชนี (Item objective congruence; IOC)

คะแนนจากที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินให้จะต้องมากกว่า 0.05 (Rovinelli and Hambleton, 1976) จึงจะถือได้ว่า รูปแบบการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานมีความเหมาะสมและนำไปใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยจะทำควบคู่ไปกับการขออนุญาตทำวิจัยและการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานและการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดพบว่า ทุกข้อรายการมีค่า IOC มากกว่า 0.5 คะแนนรวมค่า IOC ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานเท่ากับ 0.91 และ คะแนนรวมค่า IOC ของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเท่ากับ 0.98 (ภาคผนวก ศ) ซึ่งแสดงว่าฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานและการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดผ่านเกณฑ์การประเมินและมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้

4) นำข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงรูปแบบการฝึกเพื่อให้รูปแบบการฝึกมีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น

5) ขออนุญาตทำวิจัยและการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ เอกสารรับรองโครงการวิจัยเลขที่ IRB No. 45/65 ลงวันที่ 17 มิถุนายน 2565

ขั้นตอนที่ 4 การประชาสัมพันธ์ เชิญชวน ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยติดต่อประสานงานด้านงานวิจัยผ่านทางโรงเรียนการบิน กองทัพอากาศ โดยจะประสานกับกองฝึก โรงเรียนการบินเพื่อการประชาสัมพันธ์งานวิจัย จัดสถานที่สำหรับการให้ข้อมูลและเวลาที่อาสาสมัครสะดวกที่จะให้ผู้วิจัยเข้าไปให้ข้อมูล ผู้วิจัยเข้าไปประชาสัมพันธ์แจ้งกับครูการบิน พร้อมระบุวันที่จะเข้าไปให้ข้อมูล เพื่อให้อาสาสมัครทราบถึงหัวข้อของงานวิจัยและวันที่ผู้วิจัยจะเข้าไปให้ข้อมูลพร้อมทั้งให้โรงเรียนการบินประชาสัมพันธ์วันเวลาที่ผู้วิจัยจะเข้าไปให้ข้อมูลครั้งแรก อาสาสมัครมีอิสระในการเข้าฟังหรือไม่เข้าฟังการให้ข้อมูลครั้งแรกอย่างอิสระ การให้ข้อมูลครั้งแรกผู้วิจัยจะให้ข้อมูลของงานวิจัยในลักษณะการบรรยาย อธิบายในภาพรวมด้วยตนเอง โดยจะทำการนำเสนอ

วัตถุประสงค์ การดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ต่อบุคคล และความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมงานวิจัยและความจำเป็นในการเข้าทำงานวิจัยในอาสาสมัครพร้อมกับการให้เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย (Information sheet for research participant) (ภาคผนวก ม) หลังการนำเสนอผู้วิจัยจะจัดสถานที่ ห้องที่เป็นส่วนตัวเพื่อการให้ข้อมูลและตอบคำถามรายละเอียดของงานวิจัย โดยที่ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลและตอบคำถามเป็นรายบุคคลจนให้ศิษย์การบิณมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ผู้วิจัยแจ้งวิธีการที่ผู้วิจัยจะทำเพื่อปกปิดข้อมูล ข้อมูลการตัดสินใจเข้าร่วมงานวิจัยการตอบรับการเข้าร่วมหรือปฏิเสธงานวิจัย ข้อมูลของการทดสอบและการฝึกทั้งหมดจะเป็นความลับที่จะรู้เฉพาะเพียงผู้วิจัยโดยจะไม่มีรายงานหรือการส่งต่อข้อมูลที่ระบุตัวของอาสาสมัครต่อผู้บังคับบัญชา ผู้วิจัยจะปกป้องอาสาสมัครทุกคน การกำหนดตารางการทดสอบและการฝึกเฉพาะบุคคล ดังนั้นอาสาสมัครที่ตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการจัดตารางฝึก รหัสอาสาสมัครแบบเหมือนกับผู้ที่เข้าร่วมงานวิจัยคนอื่นเพื่อปกปิดข้อมูลและป้องกันความแตกต่างจากเพื่อนในชั้นเรียนแต่ไม่ต้องทำการฝึกใดๆ ผู้วิจัยจะมีการกำหนดหมายเลขรหัสที่ผู้วิจัยเท่านั้นทราบว่าเป็นกลุ่มที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัย โดยมีการกำหนดเวลาและสถานที่เฉพาะบุคคล ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความเข้าใจของอาสาสมัครที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในการวิจัย จากนั้นผู้วิจัยจะให้เวลาอาสาสมัครอย่างพอเพียงก่อนการตัดสินใจโดยอิสระ โดยผู้วิจัยจะสอบถามผลการตัดสินใจโดยตรงต่ออาสาสมัคร และทำการแจ้งวันที่ผู้วิจัยจะเข้าทำการคัดกรองอาสาสมัครที่ต้องการเข้าร่วมงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 5 คัดเลือกเข้าร่วมศึกษาวิจัย

1) ผู้วิจัยจะให้ผู้สนใจเข้าร่วมงานวิจัยทำการคัดกรอง

- 1.1) กรอกแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและประวัติทางสุขภาพ (ภาคผนวก ก)
- 1.2) กรอกแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q) (ภาคผนวก ข)
- 1.3) แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global Physical Activity Questionnaire) (ภาคผนวก ค)
- 1.4) แบบทดสอบถาม Morningness - Eveningness Questionnaire (MEQ) (ภาคผนวก ง) เพื่อใช้ในการพิจารณาลำดับและเวลาที่จะใช้ในการทดสอบและนำไปใช้ในการทดสอบทั้งก่อนและหลังการฝึก โดยจะพิจารณาจากเวลาโดยแบ่งคะแนนมากกว่า 16-30 จะได้เข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในช่วง 8.30-11.30น. คะแนนน้อยกว่า 16 จะทำการทดสอบในช่วงบ่าย
- 1.5) ประเมินความเป็นได้ของการเข้าร่วมงานวิจัยสำหรับการทดสอบการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยทรานสคราเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (Transcranial Doppler ultrasound)

1.6) ผู้วิจัยจะแจ้งผลของการคัดกรองกับผู้สนใจเข้าร่วมงานวิจัยพร้อมทั้งการให้ข้อมูลรายละเอียดงานวิจัย ชี้แจงข้อมูลการวิจัยรายละเอียดของวิธีปฏิบัติตนในการทดสอบและการเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยจะแจ้งวิธีการที่ผู้วิจัยจะทำเพื่อปกป้องข้อมูลและการปกป้องอาสาสมัคร ในกรณีที่อาสาสมัครตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัย ผู้ที่สมัครใจเข้าร่วมและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ผู้วิจัยจะสอบถามความเข้าใจเกี่ยวกับงานวิจัยและทำการตรวจสอบความเข้าใจของศิษย์การบิน ผู้วิจัยจะให้ลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent form) (ภาคผนวก ย) ซึ่งประกอบไปด้วย เอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยและแบบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ผลการตัดสินใจของผู้สนใจเข้าร่วมงานวิจัยที่ตัดสินใจเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมงานวิจัยจะมีเพียงผู้วิจัยเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลเตรียมตัวและการปฏิบัติตัวระหว่างช่วงที่เข้าร่วมงานวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัยและผู้ที่ไม่ตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัย

1.7) แจ้งข้อมูลการปฏิบัติตัวก่อนการทดสอบสมรรถภาพทางกายและความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ได้แก่

1.7.1) งดดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรืออาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

1.7.2) งดดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

1.7.3) ผู้เข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดต้องมีจำนวนชั่วโมงที่นอนในคืนก่อนการทดสอบไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง

1.7.4) การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดก่อนและหลังการฝึกจะทำการทดสอบในเวลาเดียวกันของวัน

1.7.5) ให้คำแนะนำความแตกต่างของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและความง่วง จากการประเมินว่ายังสามารถฟังความสนใจหรือการรู้สึกมีอิสระ การมีนั่ง

1.7.6) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแบบประเมิน การทดสอบสมรรถภาพ การรับประทานอาหารเสริม การทำกิจกรรมทางกายที่นอกเหนือจากงานวิจัยและการตอบข้อซักถามจากผู้เข้าร่วมงานวิจัย

1.7.7) ผู้วิจัยให้ชุดตรวจโควิด Antigen test kit และแนะนำการตรวจด้วยตนเองให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคน โดยจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการตรวจด้วยตนเองและส่งผลการตรวจให้กับผู้วิจัย ตามมาตรการป้องกันโควิด-19 1 วัน ก่อนเดินทางเข้ารับการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 6 การเก็บข้อมูลก่อนการฝึกตามโปรแกรม

ผู้วิจัยนัดผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อทำการเก็บข้อมูลก่อนการฝึก โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการตรวจร่างกาย และการทดสอบสมรรถภาพร่างกาย ที่โรงเรียนการบิน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

จำนวน 2 วัน ระยะเวลาการทดสอบก่อนและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่มจะใช้ระยะเวลาการทดสอบรวม ไม่เกิน 3 สัปดาห์ดังนี้



รูปที่ 17 ลำดับการตรวจวัดค่าตัวแปรก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย

ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการเก็บข้อมูลก่อนการฝึกตามลำดับต่อไปนี้

1) ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการนัดหมายให้งดการรับประทานอาหาร (ยกเว้นน้ำ) 1 คืนก่อนก่อนวันทดสอบสำหรับการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (อภิชญา คล้ายมนต์, 2558) โดยที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยส่งผลการตรวจ Antigen test kit ให้กับผู้วิจัยก่อนเดินทางเข้ารับการทดสอบ ผู้ที่สามารถเข้าร่วมการทดสอบต้องมีผลเป็นลบเท่านั้น ตามมาตรการป้องกันโควิด-19 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดการทดสอบ โดยที่ผู้วิจัยได้มีการจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อป้องกันเพิ่มเติมได้แก่ เจลแอลกอฮอล์ล้างมือ สเปรย์แอลกอฮอล์ทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัสภายหลังการใช้ทุกครั้ง ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย ดังรูปที่ 20

2) ทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data) ได้แก่

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) และความดันโลหิตขณะพัก (Resting blood pressure; Resting BP) วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมป รุ่นแคร์สแคป วี 100 (GE Dinamap, Carecape V100) หรือเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอชอีเอ็ม 7121 (Hem 7121, OMRON, Kyoto, Japan)

3) ทดสอบตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ได้แก่

3.1) องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) ได้แก่ สัดส่วนไขมันในร่างกาย (Fat percentage) สัดส่วนกล้ามเนื้อในร่างกาย (Skeletal muscle percentage) ด้วยเครื่อง

วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectric Impedance Analyzer) ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอ็ชบี เอฟ 375 (Omron Body Composition Monitor HBF-375, Kyoto, Japan) (ภาคผนวก จ)

3.2) ความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) การทดสอบด้วยกล่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box) ยี่ห้อแกรนด์สปอร์ต (Grandsport, Thailand) ด้วยท่านั่งงอตัว (Sit and reach) บันทึกระยะเป็นเซนติเมตร (ภาคผนวก ฉ) และการทดสอบของศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion test) ด้วยเครื่องวัดการเคลื่อนไหว (Baseline bubble inclinometer) ยี่ห้อ แฟบริเคชัน เอนเตอร์ไพรส์ (Fabrication Enterprises, New York, USA) ในการวัดการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic flexion-extension, Thoracolumbar lateral flexion บันทึกระยะเป็นองศา (ภาคผนวก ช) การทดสอบแตะมือด้านหลัง (Back Scratch Test) บันทึกระยะเป็นเซนติเมตร (ภาคผนวก ซ)

3.3) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ประเมินด้วยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อขา (Back-leg strength) ด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา (Back muscle dynamometer) ยี่ห้อทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5002 (Takei T.K.K. 5002, Takei Scientific Instruments, Tokyo, Japan) (ภาคผนวก ฉ) และแรงกำมือ (Hand grip strength) ยี่ห้อทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5001 (Takei T.K.K. 5001, Takei Scientific Instruments, Tokyo, Japan) หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (ภาคผนวก ญ)

3.4) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) ทำการประเมินความอดทนของกล้ามเนื้อแขน โดยการดันพื้น (Push-up) ความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการลุกนั่ง (Sit-up) มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที (ภาคผนวก ก)

3.6) สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 peak) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น H10 (Polar Electro UK Ltd., Warwick, UK) ทำการประเมินด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Portable cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่น เมตาแม็กซ์ 3 ปี (Cortex Metamax 3B, Leipzig, Germany) บนลู่วิ่ง (Treadmills) การทดสอบจะใช้รูปแบบการทดสอบด้วย บรูซโปรโตคอล (Bruce Protocol) (ภาคผนวก ก)

3.7) สมรรถภาพปอด (Pulmonary function test) ได้แก่ Forced vital capacity (FVC) Forced expiratory volume in one second (FEV_1) มีหน่วยเป็น มิลลิ ลิตร และค่า FEV_1/FVC โดยใช้เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงก์ (Spirobank, USA) โดยใช้วิธีการทดสอบตามแนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดของสมาคมออร์เวจซ์แห่งประเทศไทย (2561). (ภาคผนวก ฐ)

4. ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อใช้วิเคราะห์ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด (Blood biochemistry) โดยมีตัวแปรที่ต้องการเก็บดังต่อไปนี้ โดยจะทำการเก็บตัวอย่างเลือดในระยะเวลา 6.00-7.30น. ที่กองเวชศาสตร์การบิน โรงพยาบาลจันทบุรีเบกษา จ.นครปฐม ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการนัดหมายให้งดอาหารหลังเวลา 20.00น. ก่อนวันทดสอบ เพื่อการเจาะเลือด 1 ครั้ง ประมาณ 15 มิลลิลิตรใช้เวลาประมาณ 15 นาที โดยจะส่งผลทดสอบที่โรงพยาบาลจันทบุรีเบกษา จ.นครปฐม ยกเว้น การทดสอบซีรัมบีดีเอ็นเอฟที่จะนำซีรัมใส่น้ำแข็งแห้งในกล่องเก็บความเย็นแล้วนำมาเก็บที่ตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิที่ -80 องศาเซลเซียส ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและนำไปทดสอบที่คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วย Human BDNF Elisa Kit (ab212166) Abcam American

1) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count: CBC) ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb) ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell; RBC) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell; WBC) เกร็ดเลือด (Platelet; Plt)

2) ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (fasting plasma glucose)

3) คอเลสเตอรอล (Cholesterol)

4) ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)

5) ไฮเดนซีดีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein)

6) โลเดนซีดีไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein)

7) ซีรัมบีดีเอ็นเอฟ (BDNF; Brain- derived Neurotrophic Factor),

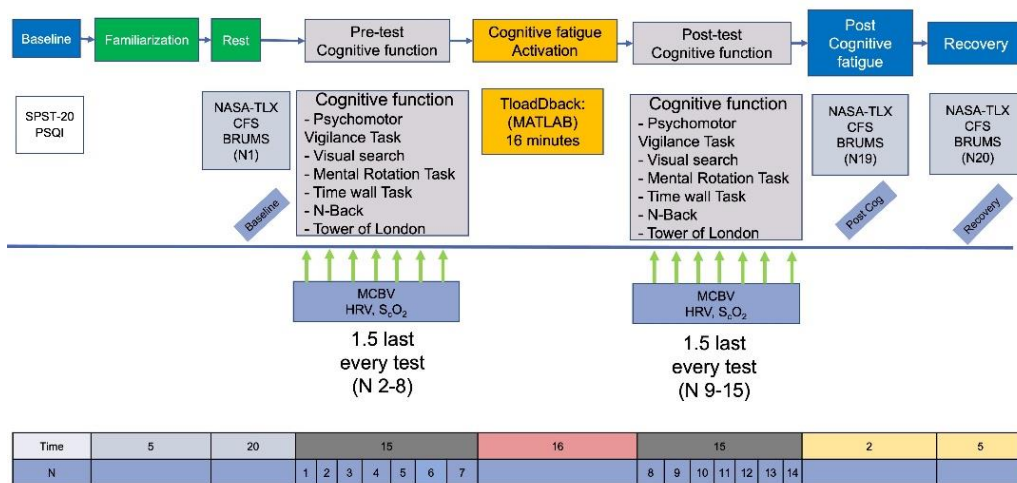
5. การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (ภาคผนวก ด) เป็นการจำลองสถานการณ์ที่ใช้การทดสอบ TloadDback ที่มีลักษณะงานที่ต้องทำงาน 2 อย่างไปพร้อมกันในระยะเวลาที่จำกัดเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

5.1) ก่อนเข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ดังรูปที่ 20 ผู้เข้าร่วมวิจัย จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบทดสอบการรู้คิด ให้ทำการทดสอบการรู้คิด Psychomotor vigilance task จำนวน 5 แบบทดสอบ การทดสอบ Visual search task, Mental rotation task, Time wall task, 1-Back, 2-Back, Tower of London จำนวน 20 ที่สร้างแบบทดสอบโดยโปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (macOS Big Sur version 11.2.3, 2.3 GHz Processor และ ความจุความจำที่ 16 GB ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะทำการฝึกซ้อมจำนวน 3 รอบ จะใช้เวลาประมาณ 25-30 นาที

5.2) จากนั้นจะทำการหาความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของการกระตุ้นของแต่ละคน (Fastest stimulus time duration; STD) ที่ทำให้ประสิทธิภาพของความแม่นยำของการทดสอบ TloadDback มีค่ามากกว่าร้อยละ 85 (Individualized TloadDback) การ

ประเมินความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ระยะเวลาที่เร็วที่สุดของการกระตุ้นของแต่ละคน ทดสอบด้วย Psychtoolbox ในโปรแกรม MATLAB โปรแกรมจะได้รับการติดตั้งบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (ระบบปฏิบัติการ Microsoft® Windows10, 1.33 GHz processor ความจุความจำที่ 4GB) จะประเมินในรูปแบบเดียวกับการทดสอบ TloadDback โดยจะเพิ่มความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรเร็วขึ้นเรื่อยๆในแต่ละฐาน ฐานเริ่มต้นมีความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรที่ 1,400 มิลลิวินาที จากนั้นจะทำการเพิ่มการทำงานของกรรู้คิดด้วยการลดความเร็วของการเปลี่ยนตัวอักษรของแต่ละฐานลง 100 มิลลิวินาทีไปเรื่อยๆ ระหว่างฐานสามารถพักดื่มน้ำเปล่าได้ก่อนที่จะเริ่มทำต่อไป จนได้ค่า STD ที่ทำให้ประสิทธิภาพของความแม่นยำมีค่ามากกว่าร้อยละ 85 จะใช้ระยะเวลาประมาณ 40 นาที

5.3) การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ก่อนเข้ารับการทดสอบ ดังรูปที่ 17 ให้ผู้ทดสอบประเมินสภาวะทางจิตใจและคุณภาพการนอนหลับเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน ทำการประเมินระดับความเครียดด้วยแบบวัดความเครียดสวนปรง (STSP-20) (ภาคผนวก ต) และประเมินคุณภาพการนอนหลับจากแบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) (ภาคผนวก ถ)



รูปที่ 18 ขั้นตอนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

5.4) ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำความคุ้นเคยการทดสอบการรู้คิด ให้ทำการทดสอบการรู้คิด Psychomotor vigilance task จำนวน 5 แบบทดสอบ การทดสอบ Visual search task, Mental rotation task, Time wall task, 1-Back, 2-Back, Tower of London จำนวน 10 แบบทดสอบ จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นให้ผู้ทดสอบนั่งพักประมาณ 10 นาทีจากนั้นทำการใส่อุปกรณ์ได้แก่ อุปกรณ์วัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง อุปกรณ์วัดความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจอุปกรณ์วัดการไหลเวียนเลือดในสมอง ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที

5.5) การกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยการทดสอบ Individualized TloadDback เป็นกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ออกแบบเฉพาะบุคคล ตัวอักษรและตัวเลขจะถูกสร้างโดยการทำงานของ Psychtoolbox ในโปรแกรม MATLAB โปรแกรมจะได้รับการติดตั้งบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (ระบบปฏิบัติการ Microsoft® Windows10, 1.33 GHz processor ความจุความจำที่ 4GB) TloadDback จะเป็นการทดสอบการรู้คิดด้วยการทำงานสองอย่างในเวลาเดียวกัน (Dual task) คือ ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) ด้วยงานแบบ 1-Back สลับกับการงานตัดสินใจทางตัวเลขที่มีความหนักงานเท่ากัน (Parity number decision task) การทดสอบประกอบด้วยฐาน (Block) กระตุ้นด้วยอักษรแบบ Arial ขนาด 120 เป็นอักษรภาษาอังกฤษจำนวน 30 ตัวและตัวเลข 30 ตัว ที่ถูกแสดงบนหน้าจอสลับกันและมีการวนฐานซ้ำไปจนครบ 16 นาที ผู้ทดสอบจะใช้มือซ้ายกดแป้นพิมพ์เว้นวรรค (Spacebar) เมื่อตัวเห็นอักษรที่แสดงบนหน้าจอซ้ำกับตัวที่อยู่ก่อนหน้านั้นไป 1 ตัว และจะใช้มือขวาในการตัดสินใจตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอโดยจะกดแป้นพิมพ์ตัวเลข 2 เมื่อตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเป็นตัวเลขคู่และกดแป้นพิมพ์ตัวเลข 3 เมื่อตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเป็นตัวเลขคี่ ระยะเวลาเปลี่ยนตัวอักษรและตัวเลขจะใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนตัวอักษรที่น้อยที่สุดที่จะทำให้สามารถรักษาประสิทธิภาพของการทดสอบ TloadDback ได้มากกว่าร้อยละ 85 ที่เป็นระยะเวลาเฉพาะบุคคลได้มาจากการทดสอบในวันที่ทำความคุ้นเคยการทดสอบการรู้คิด ผู้รับการทดสอบจะมีระยะเวลาพัก 1 นาทีหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสามารถดื่มน้ำเปล่าเย็นในขณะพักได้

5.6) ประเมินตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิด แบ่งออกเป็นตัวแปรของการวัดการวัดเชิงวัตถุวิสัย (Objective measurements) และเชิงอัตวิสัย (Subjective measurements)

5.6.1) ตัวแปรการวัดเชิงวัตถุวิสัย (Objective measurements) ได้แก่

5.6.1.1) ระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) หรือความถูกต้อง (Correction) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) การประเมินระดับการรู้คิดจะทำทั้งหมด 2 ครั้ง ก่อนและหลังการกระตุ้นให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadDback เพื่อเปรียบเทียบระดับการรู้คิดหลังจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ก่อนการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดผู้รับการทดสอบมีระยะเวลาพัก 1 นาทีและสามารถดื่มน้ำเย็นในขณะพักได้ การประเมินจะใช้โปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (macOS Big Sur version 11.2.3, 2.3 GHz Processor และ ความจุความจำที่ 16 GB การทดสอบทั้งหมด 6 แบบการทดสอบ ประกอบด้วย

5.6.1.1.1) Psychomotor Vigilance Task เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดด้านสมาธิ แบบที่จะคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) มีการออกแบบให้มีการทดสอบจำนวน 36 แบบทดสอบ เริ่มทดสอบหน้าจอจะแสดงกากบาทสีขาวกระพริบ

บนหน้าจอพื้นหลังสีดำ เมื่อกากบาทหายไปจะเริ่มแสดงวงกลมสีแดงบนหน้าจอ โดยที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องกดปุ่มเว้นวรรค (Spacebar) ให้เร็วที่สุดเมื่อเห็นวงกลมสีแดง วงกลมสีแดงจะแสดงระยะเวลาห่างแบบสุ่มตั้งแต่ 2-12 วินาที บันทึกข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ระยะเวลาตอบสนอง คือ ระยะเวลาที่ปรากฏวงกลมสีแดงถึงระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยกดปุ่มเว้นวรรค ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Excel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 5 นาที

5.6.1.1.2) Visual Search Task เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดด้านสมาธิแบบที่ใช้สายตาในการค้นหาเป้าหมาย (Saliency and contextual cueing) มีการออกแบบให้มีการทดสอบจำนวน 36 แบบทดสอบ การทดสอบจะเป็นกลุ่มตัวอักษร X, O, U, D, G, C, Q โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องทำการค้นหาเป้าหมาย X หรือ O ที่เป็นสีขาวหรือสีเขียว เริ่มทดสอบหน้าจอจะสุ่มแสดงอักษรเป้าหมายเป็นอักษร X หรือ O ที่เป็นสีขาวหรือสีเขียวตรงกลางหน้าจอเป็นระยะเวลา 1500 มิลลิวินาทีบนพื้นหลังสีดำ จากนั้นจะเปลี่ยนหน้าจอจะสุ่มแสดงกลุ่มตัวอักษรจำนวน 10, 30, 50 ตัวอักษร ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องค้นหาว่ามีตัวอักษรตามเป้าหมายที่กำหนดอยู่หรือไม่ จากนั้นให้คลิกเมาส์ครั้งที่ 1 เมื่อพบตัวอักษรเป้าหมายหรือพบว่าไม่มีตัวอักษรเป้าหมายอยู่ เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยคลิกเมาส์ครั้งที่ 1 หน้าจอจะปิดบังกลุ่มอักษรที่แสดงด้วยวงกลมสีขาว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องเลื่อนเมาส์ไปคลิกครั้งที่ 2 บนวงกลมที่อักษรเป้าหมายถูกปิดบังอยู่หรือคลิกที่ปุ่มด้านบนของจอที่แสดงว่าไม่มีอักษรเป้าหมายอยู่ในกลุ่มอักษรที่แสดง บันทึกข้อมูลเป็น 3 ส่วน คือ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนอง เมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) และความถูกต้อง โดยที่ระยะเวลาตั้งแต่แสดงกลุ่มอักษรจนถึงการคลิกเมาส์ครั้งที่ 1 คือระยะเวลาตอบสนอง เมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ระยะเวลาตั้งแต่ปิดบังกลุ่มอักษรจนถึงการคลิกครั้งที่ 2 คือ ระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) แต่จะไม่นำระยะเวลาที่ไม่กดตอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนอง ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Excel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบนี้ใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 2 นาที

5.6.1.1.3) Mental Rotation Task เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ที่เป็นทักษะการเชื่อมโยงของการมองเห็นให้สอดคล้องกับการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนไหว มีการออกแบบให้มีการทดสอบจำนวน 36 แบบทดสอบ การทดสอบจะเป็นการแสดงรูป 2 รูปพร้อมกัน รูปจะเป็นลักษณะเรขาคณิตสีขาวแสดงบนพื้นหลังสีดำ โดยที่ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องพิจารณาว่าทั้ง 2 ภาพนี้เป็นภาพเดียวกันหรือไม่ โดยให้กดปุ่ม Shift ด้านซ้ายเมื่อเป็นรูป

เดียวกัน และกดปุ่ม Shift ด้านขวาเมื่อไม่ใช่รูปเดียวกันหรือเป็นรูปที่กลับข้างแบบสะท้อนกระจก รูปจะแสดงเป็นระยะเวลา 3 วินาที แต่ถ้าไม่มีการกดปุ่ม Shift ตอบจะถือว่าไม่สามารถตอบคำตอบได้จะให้แบบทดสอบข้อนั้นไม่ถูกต้อง บันทึกข้อมูลเป็นความถูกต้องและค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนอง โดยที่ระยะเวลาตอบสนองเป็นระยะเวลาตั้งแต่แสดงรูปบนหน้าจอจนถึงเวลาที่ผู้เข้ารับการทดสอบกดปุ่ม Shift แต่จะไม่นำระยะเวลาที่ไม่กดตอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาตอบสนอง ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Exel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบนี้ใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 2 นาที

5.6.1.1.4) Time wall Task เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดของทักษะเชิงบริหาร (Executive function) ในด้านการประมาณการณ มีการออกแบบให้มีการทดสอบจำนวน 20 แบบทดสอบ การทดสอบจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประมาณเวลาการตกของวัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงพื้นหลังจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยที่ 2/3 ของพื้นที่ด้านบนจะเป็นสีฟ้าและ 1/3 ของพื้นที่ส่วนล่างจะเป็นสีแดงที่มีช่องว่างที่มีขนาดเท่ากับวัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงอยู่บริเวณล่างสุดของหน้าจอ วัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงจะถูกปล่อยจากด้านบนของหน้าจอด้วยความเร็วในการตกที่แตกต่างกัน ผู้เข้าร่วมวิจัยจะสามารถเห็นวัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงที่ตกลงมาได้บนพื้นหลังสีฟ้า แต่เมื่อวัตถุตกเข้าพื้นที่สีแดงผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่สามารถเห็นวัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงได้ ผู้วิจัยจะต้องประมาณเวลาที่วัตถุตกลงบนช่องว่างด้านล่างโดยให้กดปุ่ม Spacebar เมื่อคาดว่าวัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงอยู่ในตำแหน่งช่องว่างด้านล่าง บันทึกข้อมูลเป็นความแม่นยำ (Accuracy) ค่า 0 แสดงว่าเป็นเวลาที่วัตถุสี่เหลี่ยมสีแดงอยู่ในตำแหน่งช่องว่างด้านล่างพอดี ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Exel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบนี้ใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 2 นาที

5.6.1.1.5) N-Back เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดของทักษะการเรียนรู้และความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) มีการออกแบบให้มีการทดสอบ 2 แบบ คือ 1N-Back จำนวน 20 แบบทดสอบ และ 2N-Back จำนวน 20 แบบทดสอบ การทดสอบจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการจำ 2 ส่วนคือ ตัวอักษรและสี่เหลี่ยมสีขาว หน้าจอจะแสดงตาราง 9 ช่อง ช่องตรงกลางจะเป็นจุดที่แสดงเป็นตัวอักษร ส่วน 8 ช่องที่เหลือจะเป็นที่สำหรับการแสดงของสี่เหลี่ยมสีขาว ในการทดสอบตัวอักษรและสี่เหลี่ยมสีขาวจะปรากฏขึ้นพร้อมกับเสียงอ่านตัวอักษร ตัวอักษรและสี่เหลี่ยมสีขาวจะแสดงให้เห็นเป็นระยะเวลา 500 มิลลิวินาทีและมีระยะเวลาระหว่างแต่ละแบบทดสอบที่ 2000 มิลลิวินาที การทดสอบ 1-Back ผู้เข้ารับการทดสอบจะกดปุ่ม Shift ซ้าย เมื่อตัวอักษรที่แสดงในปัจจุบันเหมือนกับตัวอักษรที่แสดงก่อนหน้า 1 ตัวและกดปุ่ม Shift ขวา เมื่อสี่เหลี่ยมที่แสดงในปัจจุบันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับที่แสดงก่อนหน้า 1 ตัว การทดสอบ 2-Back ผู้เข้ารับการทดสอบจะกดปุ่ม Shift ซ้าย เมื่อตัวอักษรที่แสดงในปัจจุบันเหมือนกับตัวอักษรที่แสดงก่อน

หน้า 2 ตัวและกดปุ่ม Shift ขวา เมื่อสีเหลี่ยมที่แสดงในปัจจุบันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับที่แสดงก่อนหน้า 2 ตัว บันทึกข้อมูลเป็นความถูกต้องและระยะเวลาตอบสนอง โดยเฉลี่ยค่าความถูกต้องและระยะเวลาตอบสนองของการตัวอักษรและสีเหลี่ยมของ 1-Back และ 2-Back แต่จะไม่นำระยะเวลาที่ไม่กดตอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Excel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 4 นาที

5.6.1.1.6) Tower of London เป็นการทดสอบระดับการรู้คิดของทักษะเชิงบริหาร (Executive function) การวางแผน มีจำนวน 12 แบบทดสอบ การทดสอบเป็นการเรียงเหรียญตามตัวอย่างที่ให้ โดยกำหนดจำนวนครั้งการเลื่อนเหรียญในแต่ละแบบทดสอบ ถ้าผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเรียงเหรียญให้เหมือนตัวอย่างได้ตามจำนวนครั้งที่กำหนดแสดงว่าทำแบบทดสอบนั้นไม่สำเร็จ บันทึกข้อมูลเป็นอัตราการทำสำเร็จ ระยะเวลาการตอบสนองครั้งแรก ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด โดยที่ระยะเวลาการตอบสนองครั้งแรกคือระยะตั้งแต่แสดงแบบทดสอบบนหน้าจอจนถึงผู้เข้าร่วมวิจัยคลิกเมาส์เพื่อเลื่อนเหรียญครั้งที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดคือระยะตั้งแต่แสดงแบบทดสอบบนหน้าจอจนถึงผู้เข้าร่วมวิจัยคลิกเมาส์เพื่อเรียงเหรียญเป็นครั้งสุดท้าย ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Excel และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การทดสอบใช้เวลาทดสอบไม่เกิน 3 นาที

5.6.1.2) การส่งออกซิเจนไปสมองในขณะที่ทำการรู้คิด ประกอบด้วย

5.6.1.2.1 ความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Cerebral blood flow velocity) ในขณะที่ทำการรู้คิด ด้วยการวัดความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนบริเวณหลอดเลือดสมอง มิติเดิล เซเรบรอลอาร์เทอร์รี่ (Middle cerebral artery blood flow velocity; MCBV) ด้วยทรานสคราเนียล ดอปเปลอร์ อัลตราซาวด์ (Transcranial Doppler ultrasound) ในขณะที่ทำการทดสอบการรู้คิดและการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ตลอดการทดสอบจะทำการวัดทั้งหมด 14 ครั้ง ขณะทดสอบการรู้คิด ผู้วิจัยจะทำการบันทึกจำนวน 3-8 รูปในแต่ละครั้งที่ทำการวัด โดยจะห่างกันประมาณ 3-5 วินาที ในช่วงเวลา 1.5 นาทีสุดท้ายของแต่ละการทดสอบ ผู้วิจัยนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยโดยโปรแกรม Excel ในแต่ละช่วงของการทำการรู้คิดและนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ตัวแปรที่ได้ประกอบด้วย ความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity; TAPv) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity; TAMv) มีหน่วยเป็น

เซนติเมตรต่อวินาที ประเมินโดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ ยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น ซีเอ็กซ์ 50 (CX50, Philips Healthcare, Anodover, MA, USA) และหัวตรวจยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น 1-5 ทรานสดิวเซอร์ (L5-1 Transducer, Philips) ผู้วิจัยจะทำการติดตั้งหัวตรวจกับสายรัดศีรษะให้เสร็จสิ้นก่อนการทดสอบ เพื่อป้องกันการเกิดความแตกต่างของการแปลผลของการทำงานของสมองจากความกดดันด้านซ้ายและขวา งานวิจัยนี้จึงทำการคัดเลือกเฉพาะผู้ที่ถนัดด้านขวา เพื่อจะสามารถทำการวัดความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมองจากบริเวณ Left temporal window ของผู้ทดสอบในบริเวณเดียวกัน ตำแหน่งการวัดทำการวัดในตำแหน่งเดียวกัน โดยใช้ความลึกที่ได้ในขณะที่ทำการประเมินก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

5.6.1.2.2) ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง (Cerebral oxygen saturation, ScO₂) ที่บริเวณ Frontal lobe มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จะทำการประเมินตลอดการทดสอบดังรูปที่ 21 ด้วยอุปกรณ์ประเมินระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง ยี่ห้อ เซนสมาร์ท รุ่น เอ็กซ์ 100 (SenSmart® Model X-100, USA) ซึ่งจะนำข้อมูลออกมาโดยโปรแกรม SenSmart® Data Management โดยจะเฉลี่ยการวัดในช่วงเวลา 1.5 นาทีสุดท้ายของแต่ละการทดสอบการรู้คิด และนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

5.6.2) ตัวแปรของการวัดเชิงอัตวิสัย (Subjective measurements) ได้แก่ ประเมินระดับอารมณ์ด้วยแบบสอบถาม บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; Thai-BRUMS) โดยจะทำการวัดอารมณ์ ก่อนและหลังการวัดระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด (ภาคผนวก ท) ภาระงาน ทำการประเมินด้วยแบบประเมินภาระงาน NASA-TLX ภาษาไทย (พัลพงศ์ สุวรรณวาทิน, 2559) และความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ทำการประเมินด้วยระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale, CFS) (ภาคผนวก ธ) ซึ่งจะทำการประเมิน 3 ครั้ง ได้แก่ ขณะพักก่อนการทดสอบ หลังการทดสอบระดับการรู้คิดภายหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด และ 5 นาที หลังการทดสอบระดับการรู้คิดภายหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ข้อมูลที่จะนำมาประเมินการเปลี่ยนแปลงเชิงอัตวิสัยของการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด คือ ขณะพักก่อนการทดสอบและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและนำไปคำนวณค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ใช้ระยะเวลาประเมินประมาณ 2 นาที

5.6.3) ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability; HRV) จะทำการวัดตลอดการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ทำการประเมินด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น H10 (Polar Electro UK Ltd., Warwick, UK) และ โปรแกรม Elite HRV ที่ติดตั้งบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (iPad Pro Version 15.0.2) และทำการ

ประมวลผลด้วยโปรแกรม (Kubios HRV, 2.1, Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finland) ดังรูปที่ 21 ผู้วิจัยจะใช้โปรแกรม Kubios ประมวลผลอัตราการเต้นของหัวใจในเวลาช่วง 1.5 นาทีสุดท้ายของแต่ละการทดสอบการรู้คิด โดยจะนำข้อมูลความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้มาหาค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

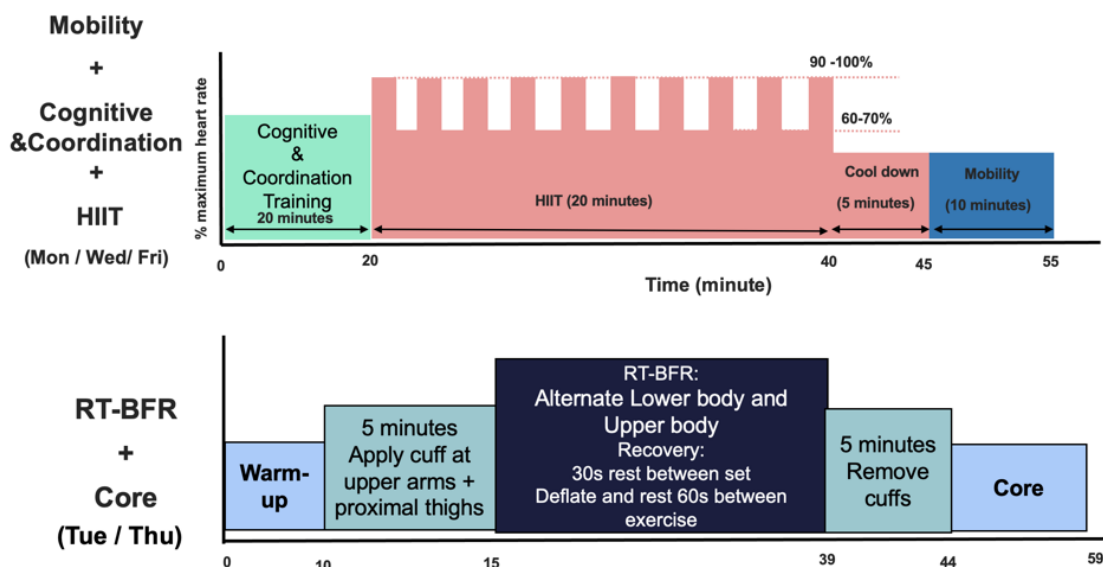
ขั้นตอนที่ 7 การฝึกตามโปรแกรม

การฝึกจะแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

กลุ่มควบคุม จะได้รับคำแนะนำการออกกำลังกายแบบปกติ เป็นจำนวน 12 สัปดาห์ โดยจะแนะนำให้มึระยะเวลาการฝึกเท่ากับกลุ่มทดลอง ดังรูปที่ 19 กลุ่มควบคุมจะทำการฝึกในช่วงเวลา 16.00-17.00น. โดยจะทำการฝึกวิ่งเป็นหมู่คณะ เป็นระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร การดันพื้น การดึงข้อ การเล่นกีฬา เช่น บาสเก็ตบอลและวอลเลย์บอล กลุ่มควบคุมจะไม่มีผู้ฝึกสอนหรือการควบคุมการออกกำลังกาย สามารถทำกิจกรรมด้วยตนเองอย่างอิสระตามการฝึกปกติของศิษย์การบิน

Group	Training Schedule				
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Multimodal	Cognitive & Coordination	RT-BFR	Cognitive & Coordination	RT-BFR	Cognitive & Coordination
	HIIT 1		HIIT 2		HIIT 3
	Mobility	Core body stability	Mobility	Core body stability	Mobility
Control	As Routine training : Running, core mobility Self-training: body weight/ resistance training				

รูปที่ 19 รายละเอียดของรูปแบบการฝึก



รูปที่ 20 รูปแบบการฝึกของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน เป็นการออกกำลังกายแบบผสมผสานที่ผู้วิจัยทำการสร้างขึ้นประกอบด้วย

- 1) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High intensity interval training, HIIT)
- 2) การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with Blood flow resistance training, RT-BFR)
- 3) การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and Coordination training)
- 4) การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)

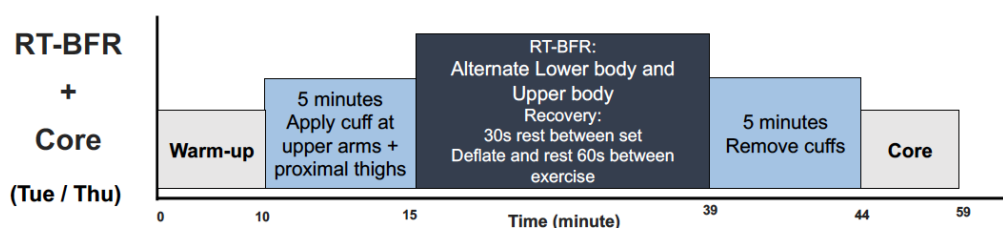
กลุ่มฝึกแบบผสมผสานจะทำการฝึกปกติของศิษย์การบินร่วมกับการได้รับการฝึกจำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีการควบคุมระยะเวลาการฝึกตามวัน วันจันทร์ วันพุธ วันศุกร์ มีการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อและการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว รวมเป็นระยะเวลา 59 นาที และในวันอังคารและวันพฤหัสบดีทำการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตและการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว รวมเป็นระยะเวลา 59 นาที ดังรูปที่ 20

ก่อนได้รับการฝึกเพื่อสร้างความเคยคุ้นเคยกับท่าการออกกำลังกายทั้งการฝึกแบบ HIIT ที่เป็นการออกกำลังกายด้วยน้ำหนักของร่างกายและท่าการฝึกแบบมีแรงต้าน ผู้วิจัยจะทำการแนะนำท่าที่ถูกต้องเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำท่าที่ฝึกได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยจะเริ่มฝึกในท่าที่ใช้ในการอบอุ่นร่างกายจากนั้นจะเริ่มฝึกซ้อมในท่าที่ใช้ในการฝึก HIIT และท่าการฝึก RT-BFR ตามลำดับ

ซึ่งจะทำการประเมิน 1RM (ACSM, 2018) (ภาคผนวก ฅ) ก่อนการซ้อมการฝึกแบบมีแรงต้าน จากนั้นผู้วิจัยจะทำการสอนการใช้อุปกรณ์และเรียนรู้วิธีการฝึกการรู้คิดร่วมกับความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว และจะเริ่มให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลองปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ในขณะที่ทำการฝึกออกกำลังกายจะมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยดูแลอย่างใกล้ชิด

รูปแบบการฝึกของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน ประกอบด้วย

1) การฝึกแบบ HIIT เป็นการออกกำลังกายด้วยน้ำหนักของร่างกาย กำหนดความหนักอยู่ที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; %HR_{max}) เป็นระยะเวลา 60 วินาที และพักย่ำเท้าเป็นระยะเวลา 60 วินาที จำนวน 10 ชุด ใช้ระยะเวลารวมการฝึก HIIT ที่ 20 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ดังรูปที่ 19 และรูปที่ 20 และมีรูปแบบการฝึกทั้งหมด 3 รูปแบบที่จะมีการสลับการฝึกในแต่ละวัน (ภาคผนวก ฅ) โดยจะทำการปรับเพิ่มความก้าวหน้าในสัปดาห์ที่ 7 ด้วยปรับท่าที่ใช้ส่วนของร่างกายและพลังงานเพิ่มขึ้น



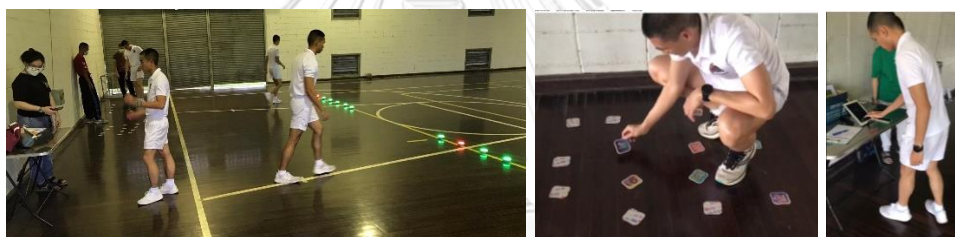
Resistance combined with Blood Flow Restriction Protocol	
Exercise	BFR
1. Back squat	- BFR at 60% arterial occlusion pressure, deflate between set - resistance at 20% 1 RM
2. Bench press	- 4 sets: 30, 15, 15, 15 repetitions and monitored by metronomes (concentric phase 1 sec: eccentric phase 1 sec)
3. Deadlift	- Resting periods: 30 sec period between sets and 1-minute recovery period between exercises
4. Bent over row	- Progression: assess and adjust resistance (%1RM) at week 7
5. Calf raises	

รูปที่ 21 รูปแบบฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต

2) การฝึก RT-BFR เป็นการฝึกแบบมีแรงต้านที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, %1RM) ในกล้ามเนื้อขาขณะที่ทำการจำกัดการไหลเวียนโลหิต โดยการใช้สายรัด ขนาด 6.5 เซนติเมตรสำหรับรยางค์ส่วนบนและ 10 เซนติเมตรสำหรับรยางค์ส่วนล่าง (Sports Rehab Tourniquet, Australia) รัดบริเวณต้นขา โดยจะทำการรัดบริเวณส่วนต้นที่สุดของขาที่ทำการฝึกทั้งสองข้าง เมื่อทำการออกกำลังแบบมีแรงต้านที่กล้ามเนื้อขาในท่า Back squat, Deadlift และ Calf raises และรัดบริเวณต้นแขน โดยจะทำการรัดบริเวณส่วนต้นที่สุดของแขนที่ทำการฝึกทั้งสองข้าง เมื่อทำการออกกำลังแบบมีแรงต้านที่กล้ามเนื้อแขน ในท่า Bench press และ

Bent over row ตั้งระดับความดันที่ร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล ดังรูปที่ 21 การฝึก RT-BFR จะทำท่าสลับกันระหว่างขาและแขนโดยจะเริ่มจากท่า Back squat, Bench press, Deadlift, Bent over roll และ Calf raises ตามลำดับ ในระหว่างการฝึกผู้วิจัยจะทำการสอบถามอัตราการรับรู้ความเหนื่อย (RPE) และระดับความเจ็บปวดในแต่ละท่าของการฝึก มีการปรับเพิ่มความก้าวหน้าในสัปดาห์ที่ 7 จากน้ำหนักที่ได้จากการการประเมิน 1RM จากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 30 1RM (ภาคผนวก ผ) ทุกครั้งก่อนและหลังการฝึกจะทำการประเมินสอบถามอาการเพื่อป้องกันการเกิด Overtraining

3) การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and Coordination training) (ภาคผนวก พ) ทำการฝึกก่อนการฝึกแบบ HIIT ดังรูปที่ 19 - 20 การฝึกการรู้คิดด้วย Stroop จะใช้การฝึกด้วยโปรแกรม Encephalapp ดังรูปที่ 21 และการใช้การ์ดสลับกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod ดังรูปที่ 22 ท่าจะเริ่มจากท่าที่มีการเคลื่อนไหวน้อยไปมาก



รูปที่ 22 การฝึกการรู้คิด



รูปที่ 23 การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

4) การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวสำหรับนักบิน (Slungaard et al, 2019) โดยจะทำการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวหลังการฝึก RT-BFR ดังรูปที่ 19 และรูปที่ 20 และทำการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) ก่อนการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว รูปที่ 24 รูปแบบการความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (ภาคผนวก พ)



รูปที่ 24 การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

ขั้นตอนที่ 8 การเก็บข้อมูลหลังการฝึก

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลหลังฝึกทุกตัวแปรตามขั้นตอนที่ 6

เครื่องมือที่ใช้วัดในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์ความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ รุ่นแคร์สเคป วี 100 (GE Dinamap, Carescape V100)
2. เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอชอีเอ็ม 7121 (Hem 7121, OMRON, Kyoto, Japan)
3. เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย ยี่ห้อจาวอน รุ่นไอโอไอ 353 (Jawon Medical, ioi 353, Korea)
4. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectric Impedance Analyzer) ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอชบีเอฟ 375 (OMRON Body Composition Monitor HBF-375, Kyoto, Japan)
5. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่นเอช (Polar Electro UK Ltd., Warwick, UK)
6. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Portable cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่น เมตาแม็กซ์ 3 บี (Cortex Metamax 3B, Leipzig, Germany)
7. ลู่วิ่ง (Treadmill) ยี่ห้อ แทรคมาสเตอร์ รุ่นทีเอ็มเอ็กซ์ 425 ซีพี (Trackmaster TMX 425 CP, USA)
6. เครื่องอัลตราซาวด์ ยี่ห้อฟิลิป รุ่นซีเอ็กซ์ 50 (CX50, Philips Healthcare, Anodover, MA, USA)
8. หัวตรวจ ยี่ห้อ Philip รุ่นซีเอ็กซ์ 50 เอส 5-1 และ เอส 12-5 ทรานสดิวส์เซอร์ (CX 50 S5-1 Transducer และ CX 50 S12-5 Transducer)
9. แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

10. แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (PAR-Q)
11. แบบทดสอบถาม Morningness- Eveningness Questionnaire (MEQ)
12. แบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)
13. กล่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box) ยี่ห้อแกรนด์สปอร์ต (Grandsport, Thailand)
14. เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา (Back muscle dynamometer) ยี่ห้อทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5002 (Takei T.K.K. 5002, Takei Scientific Instruments, Tokyo, Japan)
15. เครื่องวัดแรงกำมือ (Hand grip strength) ยี่ห้อทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5001 (Takei T.K.K. 5001, Takei Scientific Instruments, Tokyo, Japan)
16. เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงก์ (Spirobank, USA)
17. แบบวัดความเครียดสวนปรง (STSP-20)
18. แบบประเมินภาระงาน (NASA-TLX)
19. แบบสอบถามวัดอารมณ์ บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; Thai-BRUMS)
20. ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue visual analog scale; FAS)
21. โปรแกรม TloadDBack Psychtoolbox version 3.0.18 โปรแกรม Elite HRV (Elite HRV LLC, Asheville, NC, USA, Release 4.0.2, 2018)
22. โปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (macOS Big Sur version 11.2.3, 2.3 GHz Processor และ ความจุความจำที่ 16 GB)
23. โปรแกรม EncephalApp บน MM192TH/A (iPad Pro Version 15.0.2, Canada)
24. โปรแกรม Kubios (Kubios HRV, 2.1, Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finland)
25. อุปกรณ์ประเมินระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมอง ยี่ห้อ เซนสมาร์ท รุ่น เอ็กซ์ 100 (SenSmart® Model X-100, USA) และโปรแกรม SenSmart® Data management
26. โปรแกรม Polar Team ประเทศสหรัฐอเมริกา (Polar Team, USA) บน Ipad
27. ชุดอุปกรณ์สายรัดจำกัดการไหลเวียนโลหิต ขนาดความกว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร ยาว 84 เซนติเมตร ยี่ห้อ สปอร์ตรีแฮบ ทูนิเก ประเทศออสเตรเลีย (Sport Rehab Tourniquet®, Australia)
28. อุปกรณ์ฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว ยี่ห้อเบลสพอต ประเทศสหรัฐอเมริกา (BlazePod®, USA)

29. แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global Physical Activity Questionnaire)

30. Baseline bubble inclinometer (model 12-1056, Fabrication Enterprises, New York, USA) สำหรับประเมินองศาการเคลื่อนไหวของหลัง

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้อธิบายให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยตนเอง เพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัย ประโยชน์และความเสี่ยงที่จะได้รับจากการวิจัย รวมทั้งความจำเป็นที่อาสาสมัครได้เชิญเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดสถานที่ที่เป็นส่วนตัวให้อาสาสมัครสามารถเข้ามาสอบถามรายละเอียดข้อมูลต่างๆกับผู้วิจัยได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และจะเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยพร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจภายหลังการอธิบายรายละเอียด ทั้งนี้ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลอย่างครบถ้วนไม่มีการปิดบังและตรวจสอบความเข้าใจของอาสาสมัครจนผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมในงานวิจัยเข้าใจอย่างถ่องแท้ อาสาสมัครสามารถเข้าร่วมและปฏิเสธการเข้าร่วมงานวิจัยได้อย่างอิสระและสามารถถอนตัวออกจากงานวิจัยได้ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย โดยปราศจากการบังคับ การชักจูงเกินกว่าข้อเท็จจริง และแรงกดดันจากผู้บังคับบัญชา ผู้วิจัยจะจัดสถานที่การให้ข้อมูล โดยที่อาสาสมัครสามารถเข้ามาสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติม ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลและตอบคำถามเป็นรายบุคคลด้วยตนเอง เพื่อเป็นการรักษาความลับและปกป้องข้อมูลการตัดสินใจของอาสาสมัครไม่ให้เผยแพร่ต่อบุคคลอื่น ผู้วิจัยสามารถแจ้งการตัดสินใจกับผู้วิจัยโดยตรงไม่ต้องผ่านบุคคลที่ 3 เช่น ครูการบิน ผู้บังคับบัญชา การตอบรับการเข้าร่วมหรือปฏิเสธงานวิจัยและการถอนตัว ข้อมูลการบันทึกงานวิจัยทั้งหมดจะเข้ารหัสงานวิจัยที่ไม่ระบุตัวตนอาสาสมัครได้ ชื่อและรหัสของอาสาสมัครทั้งหมดจะถูกบันทึกเก็บอยู่ในเอกสารที่สรายชื่อจริงของอาสาสมัคร (Subject identification code list) โดยที่ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับเฉพาะผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ตรวจสอบ และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม ข้อมูลของการทดสอบและการฝึกทั้งหมดจะเป็นความลับที่จะรู้เฉพาะผู้วิจัยเท่านั้นและจะไม่มีการรายงานหรือการส่งต่อข้อมูลให้กับผู้บังคับบัญชา ผู้วิจัยได้ชี้แจงวิธีการปกป้องและรักษาความลับของอาสาสมัครในกรณีที่อาสาสมัครไม่เข้าร่วมงานวิจัยหรือไม่ผ่านการคัดกรอง โดยผู้วิจัยจะทำการเก็บรักษาความลับของอาสาสมัครโดยผลการตัดสินใจเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมงานวิจัยจะมีผู้วิจัยเพียงคนเดียวที่สามารถเข้าถึงข้อมูลนี้ได้ การตอบรับหรือการปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะไม่ส่งผลต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถแจ้งออกจากการศึกษาได้อย่างอิสระก่อนที่การวิจัยจะสิ้นสุดลง โดยที่ผู้วิจัยสอบถามสาเหตุของการถอนตัว โดยยังเคารพในสิทธิของอาสาสมัครที่ไม่จำเป็นต้องบอกเหตุผลของการถอนตัว ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น การรายงานข้อมูลเมื่อ

งานวิจัยเสร็จสิ้นและเป็นในลักษณะแบบภาพรวมโดยที่ไม่สามารถระบุตัวตนของอาสาสมัครได้ โดยผู้วิจัยได้รับการอนุญาตให้รายงานเป็นคำร้อยละเอียดของการเปลี่ยนแปลง รายชื่อและรหัสของผู้เข้าร่วมงานวิจัย หลังการเสร็จสิ้นงานวิจัยข้อมูลงานวิจัยทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับที่จะรู้เฉพาะเพียงผู้วิจัยเท่านั้น เอกสารทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่ผู้วิจัยเป็นระยะเวลา 3 ปี จากนั้นเอกสารที่มีข้อมูลที่ระบุถึงอาสาสมัครทั้งหมดจะถูกทำลายด้วยเครื่องทำลายเอกสารโดยผู้วิจัย ตัวอย่างชีวภาพที่ได้จากอาสาสมัคร เช่น เลือดที่เหลือจากงานวิจัย ผู้วิจัยจะขอเก็บตัวอย่างสำหรับตรวจซ้ำเพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือนและจะทำลายตามวิธีมาตรฐานหรือการทำลายโดยนักเทคนิคการแพทย์ทันทีที่เสร็จสิ้นการวิจัย

การปกป้องอาสาสมัครจากการตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัยหรือถอนตัวออกจากงานวิจัยเนื่องจากอาสาสมัครทุกคนจะอยู่ในการเรียนและทำกิจกรรมต่างๆร่วมกันจากการเรียนอยู่ในรุ่นเดียวกัน เพื่อปกป้องอาสาสมัครไม่ให้เกิดความแตกต่างจากกลุ่มศิษย์การบิณในชั้นเรียนเดียวกันและไม่ให้อาสาสมัครทั้งหมดทราบถึงการทดสอบและตารางเวลาฝึกของอาสาสมัครคนอื่น การทดสอบและการฝึกจะปฏิบัติในห้องออกกำลังกายที่อนุญาตให้เข้าเฉพาะบุคคลที่เกี่ยวข้องและผู้วิจัยอนุญาตเท่านั้น ผู้วิจัยจะทำการจัดตารางเวลาการทดสอบและการฝึกของผู้เข้าร่วมงานวิจัยในแต่ละคน โดยที่ผู้วิจัยจะทำการนัดระบุเวลาเป็นรายบุคคลและแจ้งตารางเวลากับผู้เข้าร่วมงานวิจัยด้วยตนเอง ในกรณีที่อาสาสมัครตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัยหรือตัดสินใจออกจากงานวิจัย ผู้วิจัยจะจัดทำตารางของกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัยให้มีลักษณะเหมือนเป็นผู้เข้าร่วมอยู่ในงานวิจัยแต่ไม่ต้องทำการปฏิบัติใดๆ อาสาสมัครที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัยไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมการฝึกในเวลาดังกล่าวแต่สามารถเข้ามาใช้พื้นที่ฝึกได้อย่างอิสระ นอกจากนี้การทดสอบของงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบที่จัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย ผลของงานวิจัยทั้งหมดเป็นการใช้เพื่องานวิจัยเท่านั้นซึ่งไม่มีผลกระทบหรือส่งผลกระทบต่อการใช้งานตัดสินใจผลการเรียนของศิษย์การบิณ

การดูแลช่วยเหลือผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง ในการคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยหากพบว่าผู้ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะรายงานผลให้กับอาสาสมัครด้วยตนเอง และให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและการฝึกออกกำลังกาย จากนั้นจะแจ้งจะแจ้งเกี่ยวกับการปกป้องอาสาสมัครไม่ให้เกิดความแตกต่างจากกลุ่มศิษย์การบิณในชั้นเรียนเดียวกัน ผู้วิจัยจะจัดทำตารางของกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัยให้มีลักษณะเหมือนเป็นผู้เข้าร่วมอยู่ในงานวิจัยแต่ไม่ต้องทำการปฏิบัติใดๆ อาสาสมัครที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัยไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมการฝึกในเวลาดังกล่าวแต่สามารถเข้ามาใช้พื้นที่ฝึกได้อย่างอิสระ

การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลและนำมาวิเคราะห์สถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS 25
- 2) ทดสอบข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ (Outlier) ด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's outlier test) โดยใช้โปรแกรม GraphPad statistical software (San Diego, CA) โดยทำการกำจัดข้อมูล 1-2 ค่า ก่อนนำข้อมูลที่เหลือไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
- 3) ทดสอบการแจกแจงเป็นปกติ (Normality) ของตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการทดสอบชาปิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
- 4) วิเคราะห์ข้อมูลเป็น ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ในกรณีที่เป็นค่าที่มีการแจกแจงเป็นปกติและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นค่ามัธยฐาน (Mode) และค่าพิสัยระหว่างควอไทด์ (Inter quartile rang) ในกรณีที่เป็นค่าที่ไม่แจกแจงเป็นปกติ
- 5) วิเคราะห์ผล โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่มและระหว่างกลุ่มการทดลอง 2 กลุ่ม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้
 - 5.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (Mixed ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธี Post Hoc Comparison ด้วยวิธีของ Bonferroni test ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรที่ทำการศึกษาที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .017 โดยใช้ในการวิเคราะห์ ตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ได้แก่ ระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด Psychomotor vigilance task, Mental rotation task, Time wall task, Tower of London, 2-Back, ระยะเวลาตอบสนองในการรู้คิด Visual search task และ 1-Back ความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมองในขณะที่ทำการรู้คิด ระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองในการทดสอบการรู้คิด Psychomotor vigilance task, Time wall task, 1-Back, 2-Back และ Tower of London ตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจแบบ RMSSD
 - 5.2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (Mixed ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธี Post Hoc Comparison ด้วยวิธีของ Bonferroni test ของตัวแปรที่ทำการศึกษาที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .007 โดยใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิด
 - 5.3) การวิเคราะห์ด้วยการทดสอบที (Student T-test) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มและการทดสอบทีแบบจับคู่ (Pair T-test) เปรียบเทียบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม โดยใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรทางสรีรวิทยาทั่วไป ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด

5.4) การวิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบของแมนวิทนี (Mann-Whitney test) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและใช้สถิติ Wilcoxon signed - rank test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม โดยใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงและค่าเฉลี่ยของตัวแปร ในข้อมูลที่ไม่แจกแจงเป็นแบบปกติในข้อมูลที่วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างระหว่างก่อนและหลังการฝึก โดยใช้ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสมรรถภาพปอด ตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัย ได้แก่ ความถูกต้องใน Visual search task และ 1-Back ระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองในการทดสอบการรู้คิด Visual search task, Mental rotation และ Tower of London ความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ LH, HF, LF/HF ratio



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi- Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีตัวแปรด้านสรีรวิทยา ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและสารชีวเคมีในเลือดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย กลุ่มตัวอย่างเป็นศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 หรือ PC-9 อายุระหว่าง 24 ถึง 27 ปี จำนวน 29 คน ที่ผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์ ได้แก่ เป็นศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ทำการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ของกองทัพอากาศ อายุระหว่าง 22 – 28 ปี เป็นผู้ที่ถนัดด้านขวา เป็นผู้ที่สามารถประเมินการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงได้ กลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามรุ่นที่เรียน ได้กลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจำนวน 14 คน มีผู้เข้าร่วมวิจัยนอกจากการวิจัยจำนวน 2 คน จากกลุ่มควบคุม 1 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน 1 คน เนื่องจากสถานะทางสุขภาพที่ทำให้ไม่สามารถเข้าทำการเรียนและฝึกบินตามกำหนดของรุ่นที่เรียนได้ จึงทำให้เหลือผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสิ้น 27 คน คือ กลุ่มควบคุม (CG) จำนวน 14 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) จำนวน 13 คน การนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยนี้จะนำเสนอในรูปแบบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นศิษย์การบิน กองทัพอากาศ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางกายทั้งหมดนั้นเป็นข้อมูลอยู่ในชั้นความลับ ผู้วิจัยจึงไม่สามารถนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยตรง ผู้วิจัยได้รับการอนุญาตให้นำเสนอในรูปแบบของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และนำค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงวิเคราะห์มาผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วจึงนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอ ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านด้านสรีรวิทยาทั่วไประหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยจากระดับการรู้คิดและความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยของการส่งพลังงานของสมองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยจากความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 7 ความสัมพันธ์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อน (Percent change) ของการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดการส่งพลังงานของสมองและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไประหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย (n)	14		13		-	-	-
อายุ (ปี)	25.1±0.9		24.4±0.7		-	-	-
ส่วนสูง (เมตร)	1.7±0.1		1.8±0.1		-	-	-
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	69.2±10.0	68.4±11.6	73.7±12.8	73.9±13.4	0.455	0.281	0.232
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	23.4±2.9	23.2±3.4	23.4±2.8	23.4±3.1	0.425	0.924	0.196
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	68.4±6.9	69.0±7.3	67.2±9.7	67.0±10.0	0.355	0.622	0.114
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	116.2±8.1	115.8±8.1	118.6±4.0	117.9±4.1	0.051	0.367	0.633
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	70.2±6.4	70.2±6.4	69.8±4.4	69.5±4.9	0.688	0.796	0.688

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

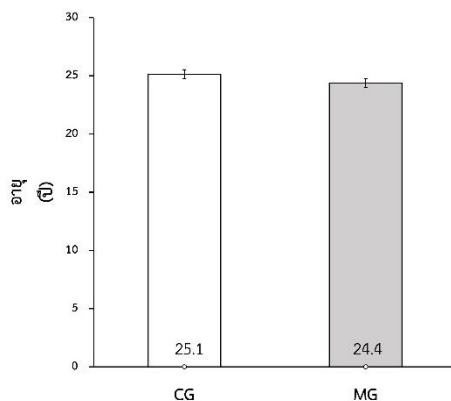
t-test; สถิติพารามิเตอร์การทดสอบค่าที เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

จากตารางที่ 9 และรูปที่ 25 ถึง 31 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไประหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG)

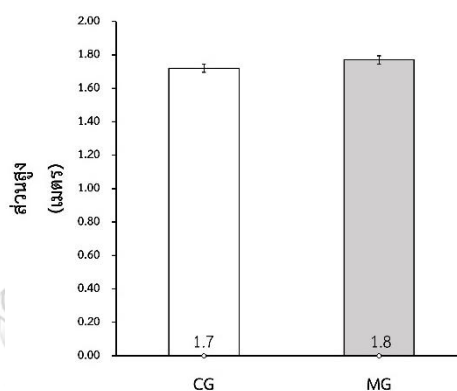
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละ

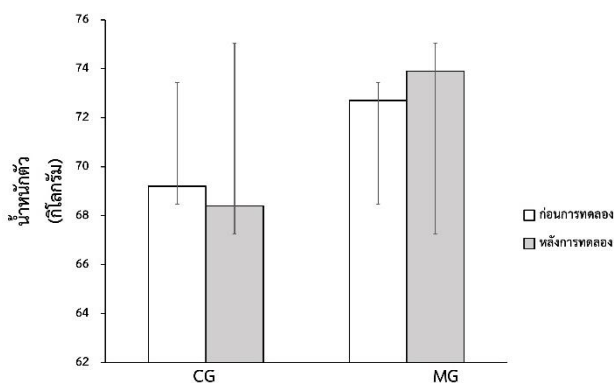
ของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวระหว่างกลุ่ม



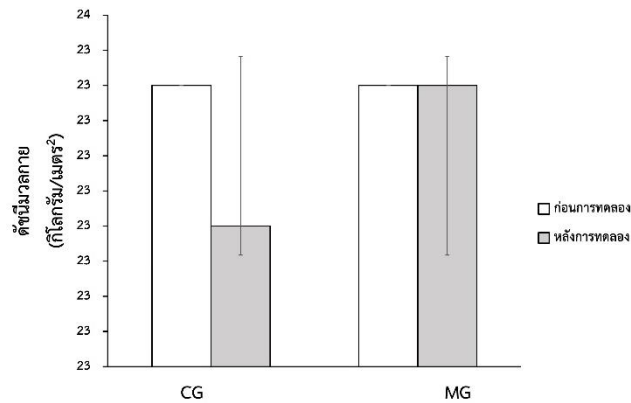
รูปที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



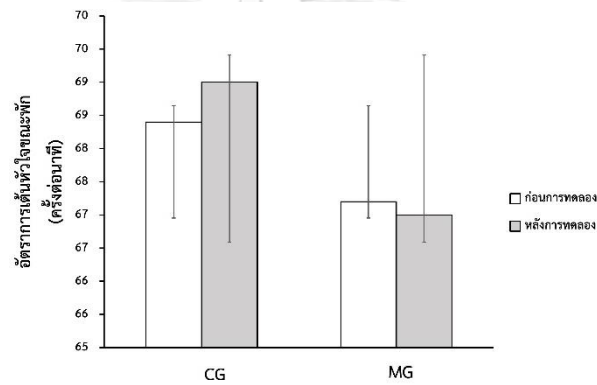
รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของส่วนสูง ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



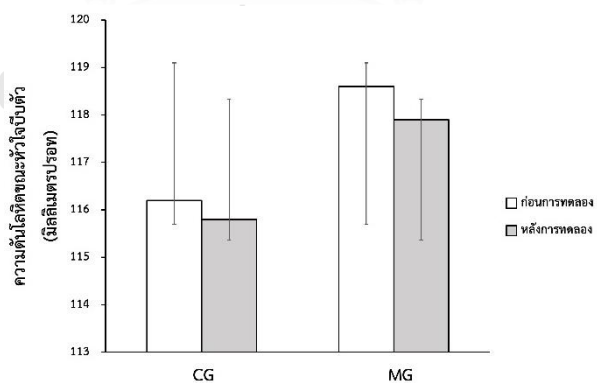
รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



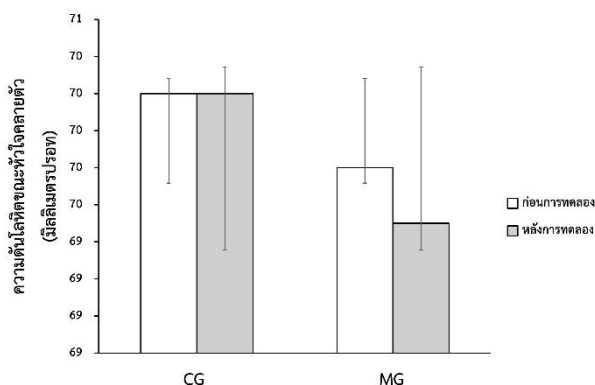
รูปที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของดัชนีมวลกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Δ%)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน	Mixed ANOVA F-test			Independent t-test	
			Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	t	p-value
ไขมันในร่างกาย	-4.6±10.4	-7.9±8.4 ^a	0.003	0.805	0.428	0.025	0.376
กล้ามเนื้อในร่างกาย	1.3±2.6	1.6±1.9 ^a	0.003	0.279	0.739	0.005	0.772
อัตราการเผาผลาญของร่างกายขณะพัก	-0.7±2.1	0.5±1.6	0.996	0.210	0.153	0.080	0.124

Δ% ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

t-test; สถิติพารามตริกการทดสอบค่าที่ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

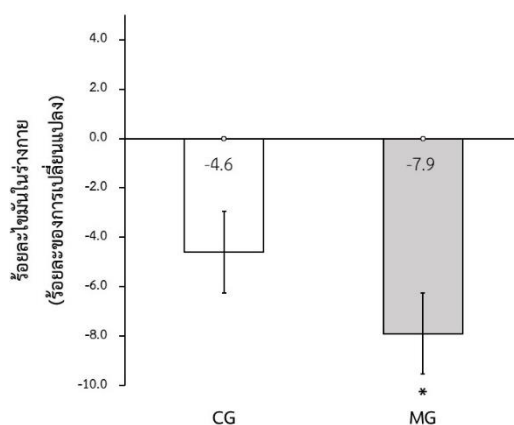
p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของสถิติความแปรปรวนแบบผสม

a p<0.05 pre vs post training

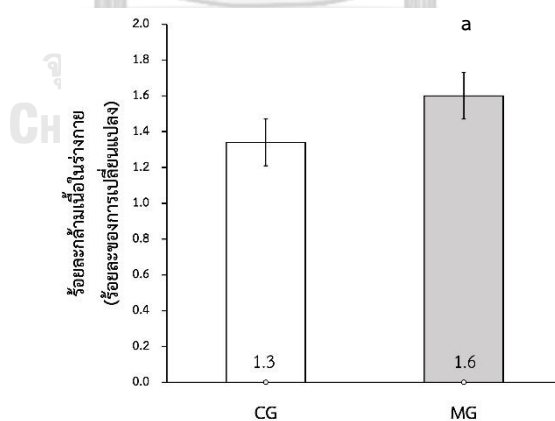
จากตารางที่ 10 และรูปที่ 32 ถึง 34 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพด้านองค์ประกอบร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีร้อยละไขมันในร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีร้อยละกล้ามเนื้อในร่างกายเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่อัตราการเผาผลาญของร่างกายขณะพักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มเดียวกัน

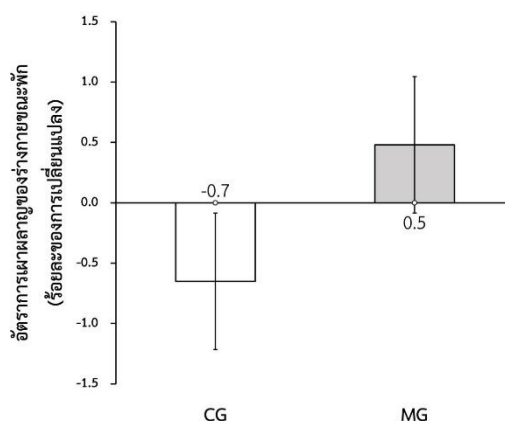
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีร้อยละไขมันในร่างกาย ร้อยละกล้ามเนื้อในร่างกายและอัตราการเผาผลาญของร่างกายขณะพักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของร้อยละไขมันในร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) * $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของร้อยละกล้ามเนื้อในร่างกายระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) A $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ 34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราเผาผลาญของร่างกายขณะพัก ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ด้านตัวแปรความยืดหยุ่นของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

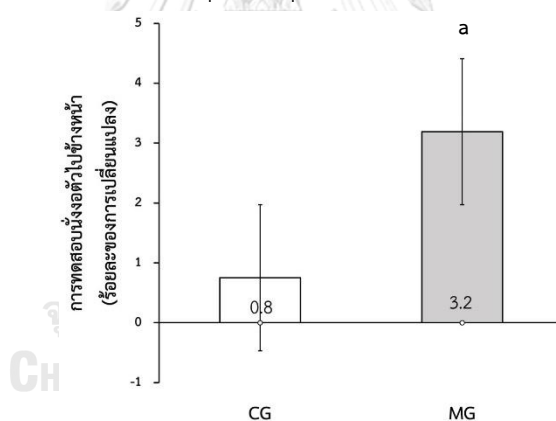
ตัวแปรด้านความยืดหยุ่นของร่างกาย (Δ%)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน	Mixed ANOVA F-test			Independent t-test	
			Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	t	p-value
การทดสอบนั่งตัวไปข้างหน้า	0.8±2.7	3.2±3.8 ^a	0.005	0.944	0.066	1.93	0.066
การทดสอบแตะมือด้านหลังด้วยมือซ้าย	0.9±3.2	1.5±3.4	0.105	0.274	0.699	0.50	0.619
การทดสอบแตะมือด้านหลังด้วยมือขวา	1.4±3.2	1.9±3.5	0.015	0.439	0.702	0.39	0.702
องศาการเคลื่อนไหวของหลัง:							
Thoracolumbo-pelvic flexion	0.2±10.1	0.1±9.6	0.657	0.869	0.761	-0.03	0.979
Thoracolumbo-pelvic extension	-9.5±13.2 ^a	9.2±17.9 [†]	0.498	0.430	0.012	3.11	0.005
Thoracolumbar lateral flexion to left	-5.2±11.3	-0.2±12.4	0.345	0.899	0.742	1.06	0.298
Thoracolumbar lateral flexion to right	-4.9±10.2	6.4±15.3 ^{a†}	0.771	0.771	0.000	2.27	0.032

Δ% ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก t-test; สถิติพารามิตรีการทดสอบค่าที่ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, a p<0.05 pre vs training, † p<0.05 CG vs MG

จากตารางที่ 11 และรูปที่ 35 ถึง 41 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพด้านความยืดหยุ่นของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิณกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

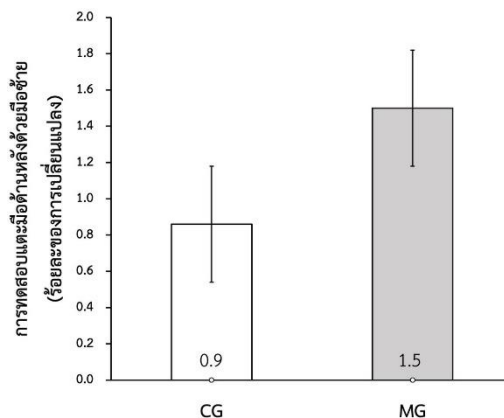
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการทดสอบนั่งงอตัวไปทางด้านหน้าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงขององศาการเลื้อนไหวของหลังในทิศทาง Lateral flexion to right เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ในกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงขององศาการเคลื่อนไหวของหลังในทิศทาง extension และ Lateral flexion to left ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีองศาการเลื้อนไหวของหลังในทิศทาง extension และ lateral flexion to right มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

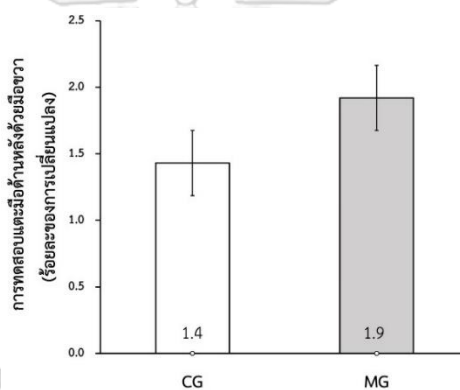


รูปที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบนั่งงอตัวไปทางด้านหน้าระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิณกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

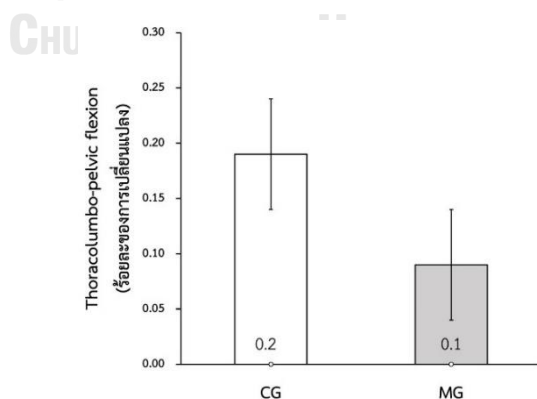
a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



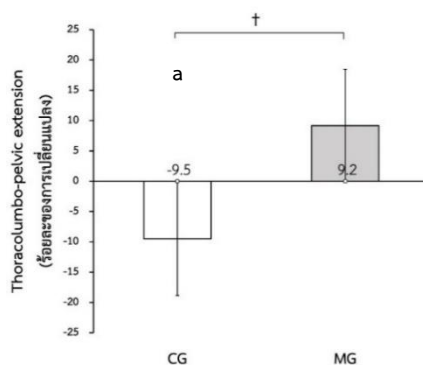
รูปที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบแอมมือด้านหลังด้วยมือซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการทดสอบแอมมือด้านหลังด้วยมือขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



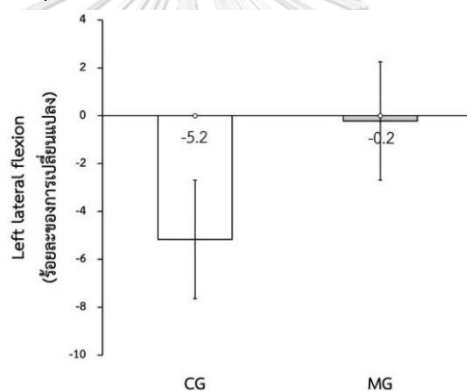
รูปที่ 38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Thoracolumbo-pelvic flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



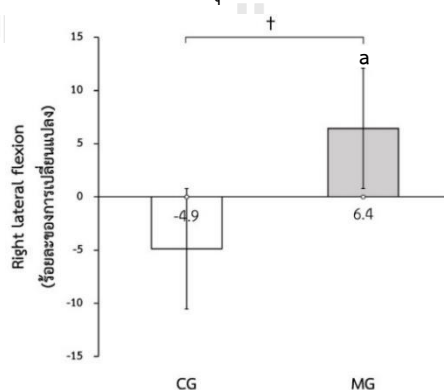
รูปที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Thoracolumbo-pelvic extension ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

$ap < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

$tp < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Left lateral flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของ Right lateral flexion ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

$ap < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

$tp < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

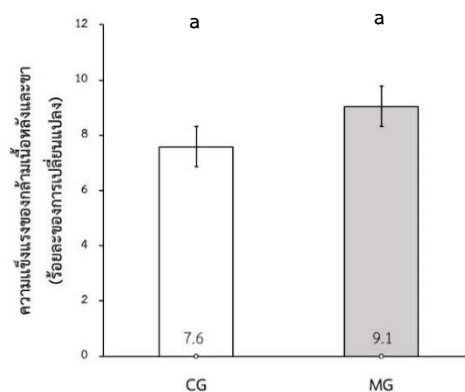
ตัวแปรด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน	Mixed ANOVA			Independent t-test	
			F-test			t	p-value
			Time	Group	Group*Time		
			(p-value)	(p-value)	(p-value)		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ							
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา	7.6 \pm 5.9 ^a	9.1 \pm 7.8 ^a	0.000	0.418	0.400	0.029	0.588
แรงบีบมือ: มือขวา	8.8 \pm 5.9 ^a	10.8 \pm 10.2 ^a	0.000	0.266	0.902	0.001	0.530
แรงบีบมือ: มือซ้าย	19.4 \pm 11.3 ^a	17.5 \pm 10.4 ^a	0.000	0.753	0.794	0.003	0.641
ความอดทนของกล้ามเนื้อ							
การดันพื้น	-1.8 \pm 16.0	15.4 \pm 12.2 ^{a†}	0.044	0.015	0.001	0.339	0.004
การลุกนั่ง	1.0 \pm 12.3	13.8 \pm 13.5 ^{a†}	0.011	0.338	0.015	0.215	0.016

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก t-test; สถิติพารามิเตอร์ทดสอบค่าที่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, a p<0.05 pre vs training, † p<0.05 CG vs MG

จากตารางที่ 12 และรูปที่ 42 ถึง 46 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพด้านความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG)

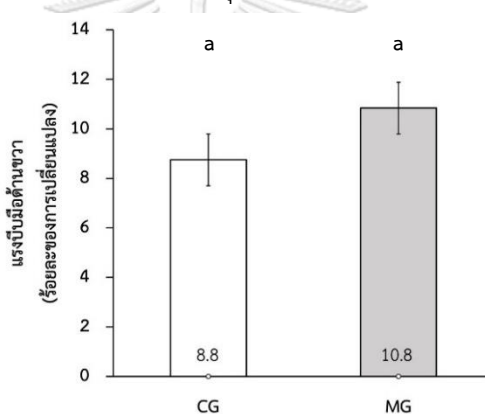
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา แรงบีบมือขวาและแรงบีบมือซ้ายเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านความอดทนของกล้ามเนื้อ จากการทดสอบการลุกนั่งและการดันพื้นเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ได้แก่ การลุกนั่งและการดันพื้น มากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



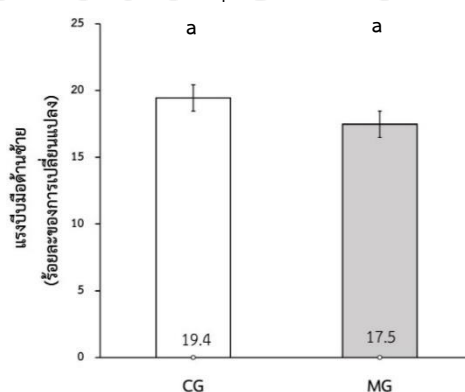
รูปที่ 42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



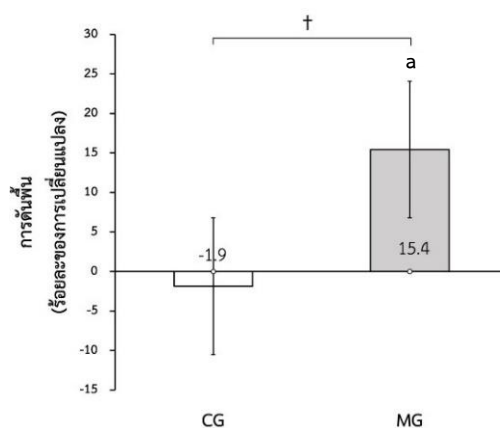
รูปที่ 43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแรงบีบมือขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

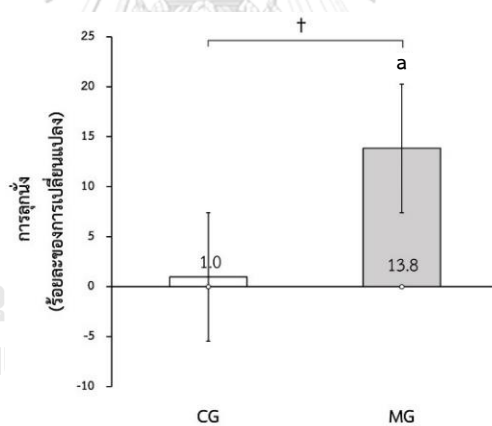


รูปที่ 44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแรงบีบมือด้านซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการดันพื้น ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
 a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน
 † $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการลุกนั่ง ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
 a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน
 † $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

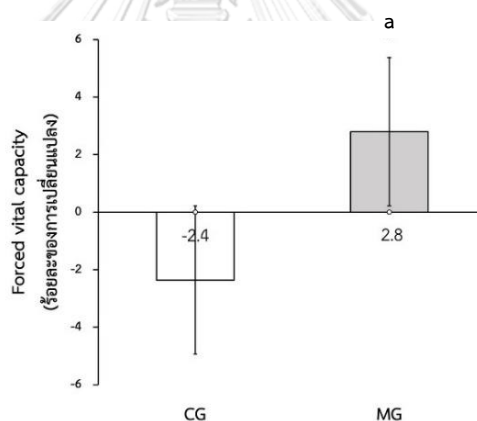
ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน	Mixed ANOVA			Independent t-test		Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks	
			Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	t	p-value	Z	p-value	Z	p-value
สมรรถภาพปอด											
Forced vital capacity (FVC)	-2.4 \pm 7.3	2.8 \pm 6.4 ^a	0.822	0.889	0.078	1.87	0.074	-	-	-	-
Forced expiratory volume in one second (FEV1)	-3.0 \pm 4.2	0.5 \pm 3.1 [†]	0.078	0.414	0.023	2.40	0.025	-	-	-	-
FEV1/FVC	-2.5 \pm 2.7	-0.1 \pm 1.9 [†]	-	-	-	2.52	0.020	-2.79	0.005	-2.74	0.030
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด	-1.1 \pm 5.4	4.2 \pm 2.8 ^{a†}	0.077	0.495	0.005	3.16	0.004	-	-	-	-
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด	-1.1 \pm 5.4	1.4 \pm 3.5	0.443	0.894	0.223	1.22	0.232	-	-	-	-

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก t-test; สถิติพารามิเตอร์ทดสอบค่าที เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน U-test; สถิติอนุพารามิเตอร์ทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน Wilcoxon; สถิติอนุพารามิเตอร์ทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, a p<0.05 pre vs training, † p<0.05 CG vs MG

จากตารางที่ 13 และรูปที่ 47 ถึง 51 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพด้านสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่า Forced vital capacity (FVC) และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุม (CG)

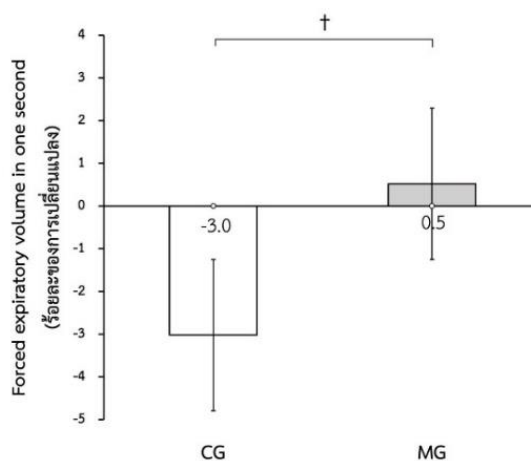
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพปอด จากค่า Force expiratory volume in one second (FEV1) ค่า FEV1/FVC และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



CHULALONGKORN UNIVERSITY

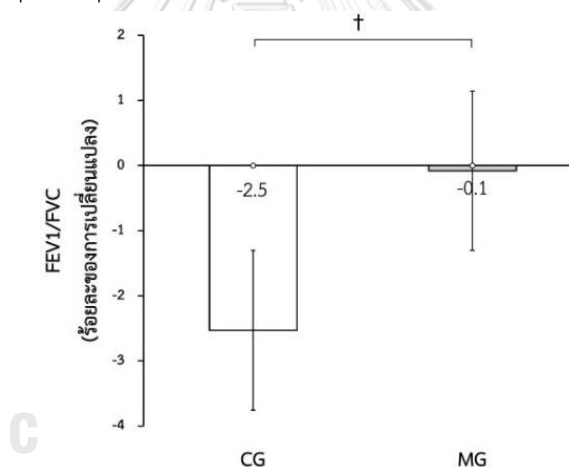
รูปที่ 47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: Forced vital capacity (FVC) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



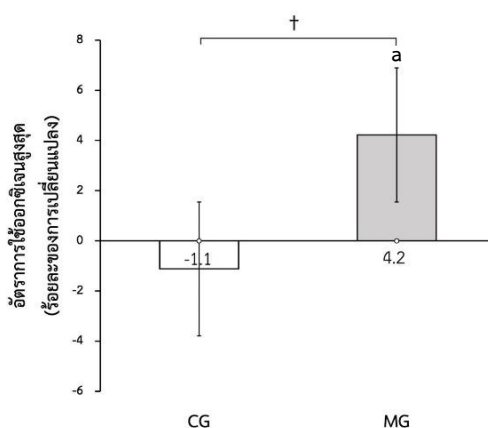
รูปที่ 48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: Forced expiratory volume in one second (FEV1) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

$t_p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 49 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด: FEV1/FVC ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

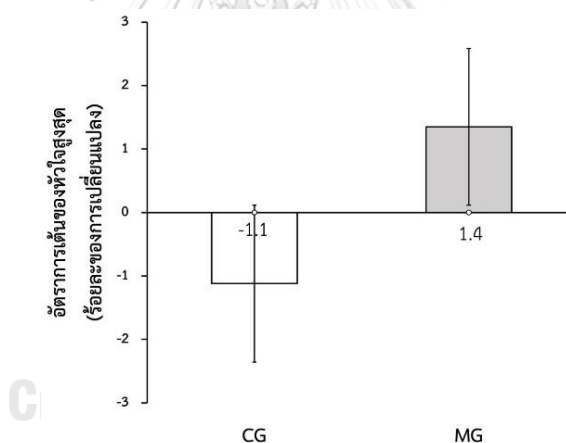
$t_p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 50 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

† $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 51 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Change percentage) ของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย จากระดับการรู้คิดและความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านตัวแปรความแม่นยำของการรู้คิดเชิงวัตถุสี่ ด้านระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความแม่นยำของการรู้คิด ระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		Mann-Whitney U test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value
Psychomotor Vigilance Task									
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	6.1 \pm 3.7*	8.9 \pm 6.6*	5.4 \pm 5.4*	5.1 \pm 6.2*	0.430	0.155	0.313	-	-
Visual Search Task									
ระยะเวลาตอบสนอง เมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time)	12.7 \pm 15.5	15.8 \pm 20.0	15.3 \pm 17.9	-3.9 \pm 12.3 ^{a,t}	0.133	0.034	0.041	-	-
ระยะเวลาตอบสนอง การตอบคำถาม (Answer reaction time)	6.4 \pm 11.5	8.4 \pm 9.4	3.9 \pm 10.4	-0.8 \pm 9.1	0.689	0.011	0.329	-	-
ความถูกต้อง (Correction)	0 (0-0.9)	0 (0-0)	0 (0-3.3)	0 (-2.8-2.9)	-	-	-	-0.105	0.916

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก U-test; สถิติอนุพัทธ์การทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test,

* p<0.05 pre vs post cognitive activation, a p<0.05 pre vs post training, t p<0.05 CG vs MG

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุสี่ ด้านระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

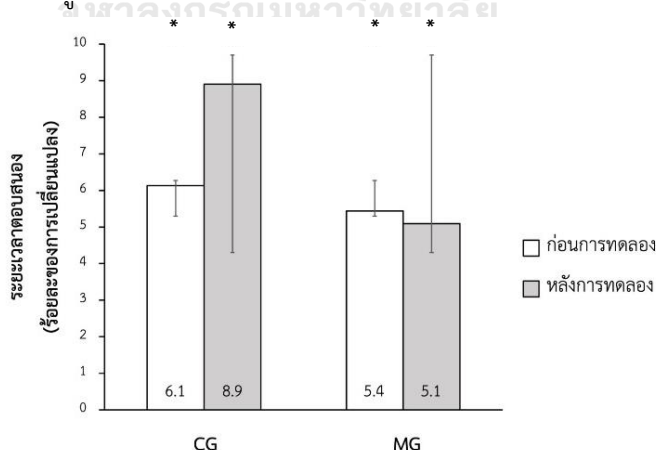
	Mixed ANOVA		Mann-Whitney		Wilcoxon Signed	
	F-test	U Test	Ranks Test			
ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ระดับการรู้คิดด้านสมาธิ	Time	Group	Group*Time	Z	Z	p-value
	(p-value)	(p-value)	(p-value)			
Psychomotor Vigilance Task						
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) (มิลลิวินาที)	0.000	0.981	0.018	-	-	-
Visual Search Task						
ระยะเวลาตอบสนอง เมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) (มิลลิวินาที)	0.001	0.629	0.038	-	-	-
ระยะเวลาตอบสนอง การตอบคำถาม (Answer reaction time) (มิลลิวินาที)	0.010	0.848	0.006	-	-	-
ความถูกต้อง (Correction) (ครั้ง/จำนวนการทดสอบทั้งหมด)	-	-	-	-0.536	0.592	-2.160 0.829

F-test; สถิติพารามิเตอร์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน,
U-test; สถิติพารามิเตอร์การทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
Wilcoxon; สถิติพารามิเตอร์การทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก
p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มทดลอง F-test

จากตารางที่ 14 และ 15 และรูปที่ 52 ถึง 55 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยจากระดับการรู้คิดด้านสมาธิ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

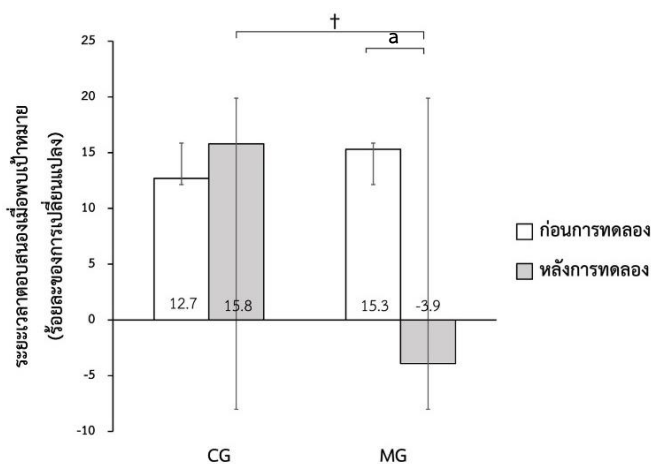
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) และระดับความถูกต้อง (Correction) ไม่พบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนองขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task แต่เมื่อวิเคราะห์ระยะเวลาการตอบสนองก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ที่ทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการตอบสนองในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task มีค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ที่ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของระยะเวลาตอบสนองในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task และระดับความถูกต้องในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task

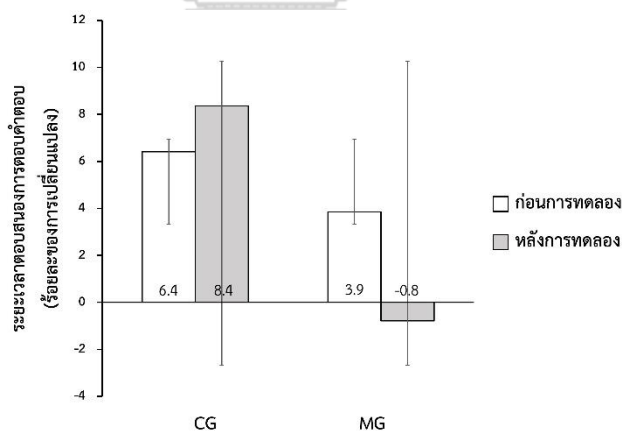


รูปที่ 52 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองของการทดสอบ Psychomotor Vigilance test (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

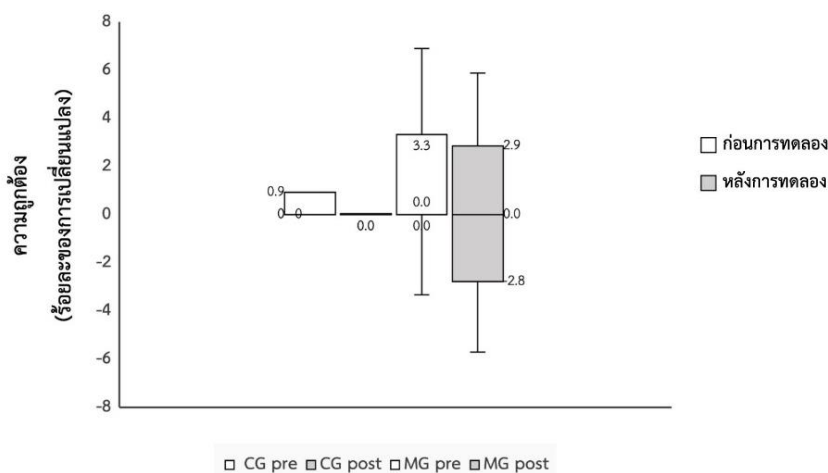
‡ $p < 0.05$ แตกต่างระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



รูปที่ 53 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ของการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
 a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน
 † $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 54 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ของการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 55 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) ในการทดสอบ Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 16 และรูปที่ 56 ถึง 57 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอวัตรัยจากระดับการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

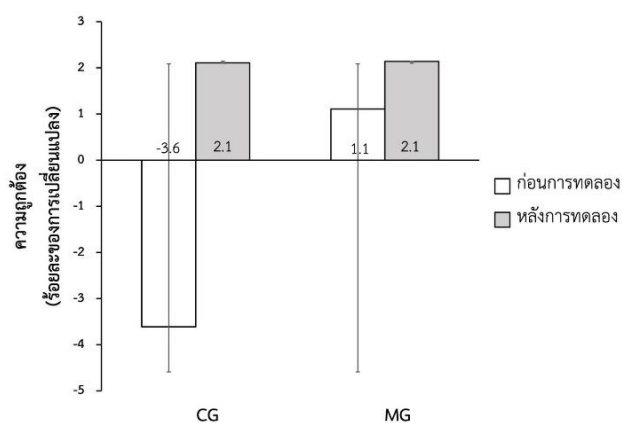
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) มีค่าเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) มีค่าลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการฝึก

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ความถูกต้อง (Correction) ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)

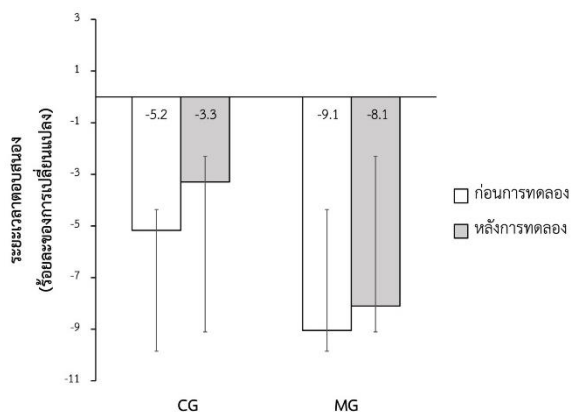
ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความแม่นยำของการรู้คิดเชิง
 วัตถุประสงค์ระดับการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความแม่นยำของ การรู้คิดระดับการรู้คิดด้านมิติ สัมพันธ์ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test		
	ก่อน การฝึก	หลัง การฝึก	ก่อน การฝึก	หลัง การฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value	Z	p-value
Mental Rotation Task											
ความถูกต้อง (Correction)	-3.6 \pm 12.7	2.11 \pm 10.82	1.1 \pm 13.7	2.1 \pm 20.3	0.338	0.602	0.504	-0.710	0.478	-0.931	0.352
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	-5.2 \pm 11.7	-3.30 \pm 12.37	-9.1 \pm 14.7	-8.1 \pm 10.4	0.708	0.160	0.901	-0.582	0.560	-2.451	0.014

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
 U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
 Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก



รูปที่ 56 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง ในการทดสอบ Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 57 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ของการทดสอบ Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความแม่นยำของการรู้คิดเชิง
 วัตถุประสงค์ระดับการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความแม่นยำของการรู้คิด ระดับการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร (Δ%)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
Time Wall Task							
ความแม่นยำ (Accuracy)	2.0±35.8	1.9±28.2	7.9±43.6	2.2±32.5	0.759	0.783	0.770
Tower of London							
อัตราการทำสำเร็จ	10.4±18.8	9.5±19.9	3.5±21.8	5.8±27.4	0.914	0.330	0.806
ระยะเวลาทดสอบครั้งแรก	-10.4±20.6	-3.0±18.6	-8.9±29.9	-5.2±27.8	0.495	0.962	0.815
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด	-9.7±14.7	-8.0±11.6	-12.4±28.0	-7.9±20.1	0.636	0.781	0.831

Δ% ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนียวล่างของการรู้คิดเชิงวัตถุสี่ด้านทักษะเชิงบริหารระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรด้านความเหนียวล่างของการรู้คิดระดับการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร	Mixed ANOVA		Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test			
	F-test	Group (p-value)	Time (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value		
Time Wall Task								
ความแม่นยำ (Accuracy)	-	-	-	-	-0.049	0.961	-0.457	0.648
Tower of London								
อัตราการสำเร็จ (ครั้ง/จำนวนทั้งหมด)	-	-	-	-	-0.510	0.610	-1.311	0.190
ระยะเวลาตอบสนองครั้งแรก (มิลิวินาที)	0.440	0.253	0.287	-	-	-	-	-
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด (มิลิวินาที)	-	-	-	-	-0.894	0.146	-1.393	0.163

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

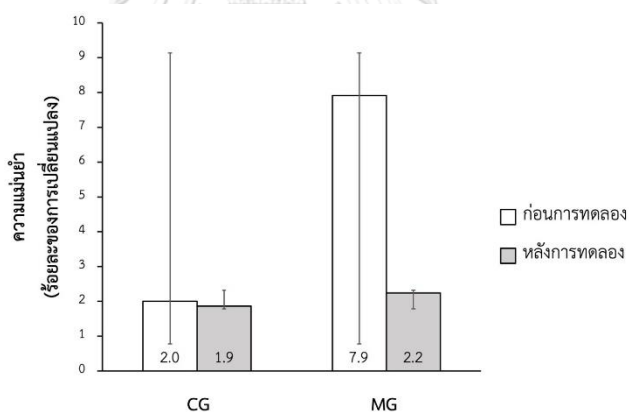
U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

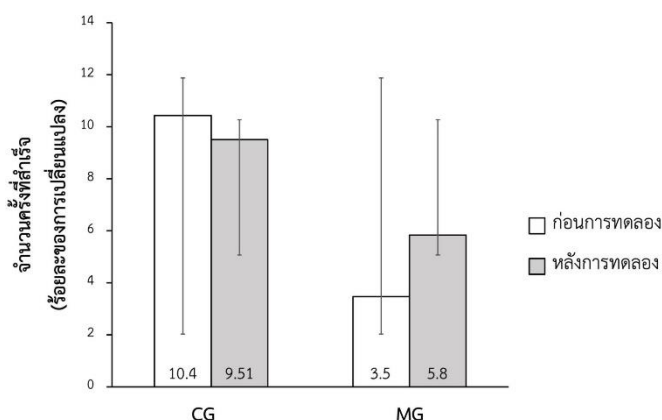
จากตารางที่ 18 และ 19 และรูปที่ 58 ถึง 61 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยจากระดับการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหารระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความแม่นยำ (Accuracy) ในขณะทำการรู้คิด Time wall ask และไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการตอบสนองครั้งแรก ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดในขณะทำการรู้คิด Tower of London

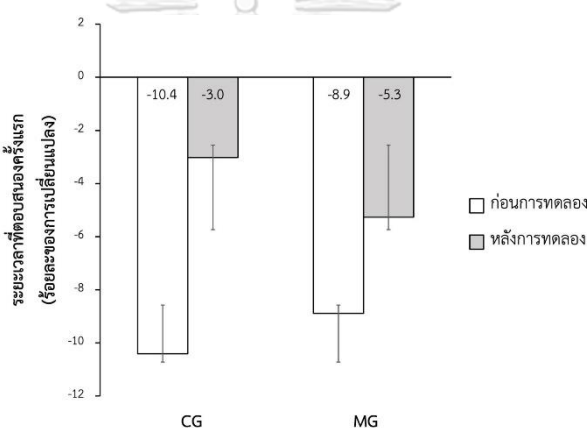
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความแม่นยำ (Accuracy) ในขณะทำการรู้คิด Time wall ask และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงอัตราความสำเร็จ ระยะเวลาการตอบสนองครั้งแรก ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดในขณะทำการรู้คิด Tower of London



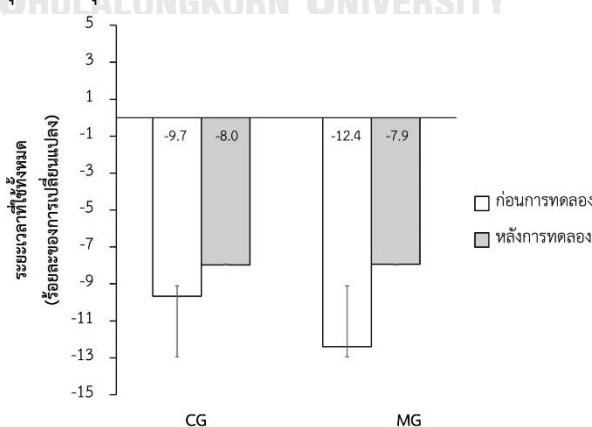
รูปที่ 58 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความแม่นยำ (Accuracy) ของการทดสอบ Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 59 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งที่สำเร็จ ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 60 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนองครั้งแรก ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 61 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด ของการทดสอบ Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุจากความจำขณะปฏิบัติการ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ระดับการรู้คิดด้านความจำขณะปฏิบัติการ (Δ%)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		Mann-Whitney U test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value
1N-Back									
ความถูกต้อง (Correction)	0	0	0	0	-	-	-	-1.733	0.083
	(-3.3-0.9)	(-0.6-0)	(0-0)	(0-1.2)					
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	4.0±17.5	-3.8±9.7	-6.8±20.8	-9.3±9.4	0.154	0.105	0.458	-	-
2N-Back									
ความถูกต้อง (Correction)	-2.8±7.5	-4.1±6.1	-3.7±12.3	6.0±5.0 ^{a,t}	0.123	0.013	0.046	-	-
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	0.9±11.3	4.4±8.6	3.5±17.7	-1.4±9.2	0.825	0.643	0.213	-	-

Δ% ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนี่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, a p<0.05 pre vs post training, t p<0.05 CG vs MG

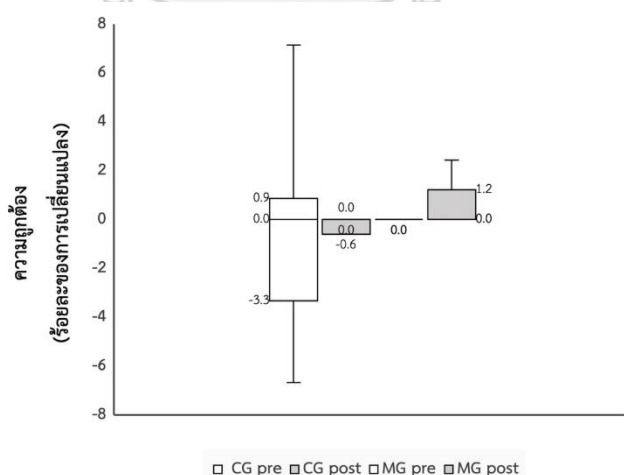
ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนียวล่างของการรู้คิดเชิงวัตถุสี่ด้านทั้งระยะเชิงบริหารระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมสามและกลุ่มควบคุม

	Mixed ANOVA		Mann-Whitney		Wilcoxon Signed	
	F-test	U Test	Ranks Test			
ตัวแปรต้นความเหนียวล่างของการรู้คิด	Time	Group	Group*Time	Z	Z	p-value
ระดับการรู้คิดด้านความจำขณะปฏิบัติการ	(p-value)	(p-value)	(p-value)	p-value	Z	p-value
1N-Back						
ความถูกต้อง (Correction)	-	-	-	-0.067	0.947	-0.877
(ครึ่ง/การทดสอบทั้งหมด)						-3.291
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	-	-	-	-0.704	0.350	0.38
(มิลลิวินาที)						0.001
2N-Back						
ความถูกต้อง (Correction)	0.065	0.115	0.001	-	-	-
(ครึ่ง/การทดสอบทั้งหมด)						
ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	0.350	0.172	0.166	-	-	-
(มิลลิวินาที)						
F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก						
U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมสาม						
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก						
p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test						

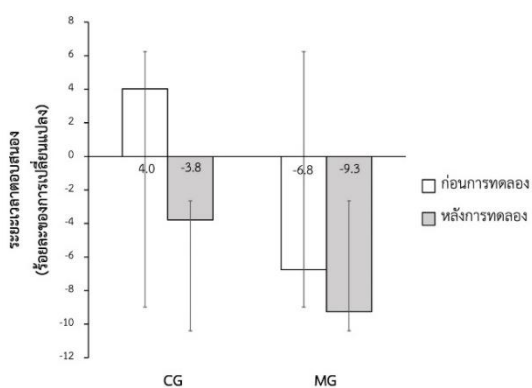
จากตารางที่ 20 และ 21 รูปที่ 65 ถึง 68 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่ามัธยฐาน (ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากระดับการรู้คิดความจำขณะปฏิบัติการ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) และความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 1-Back ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่าระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back

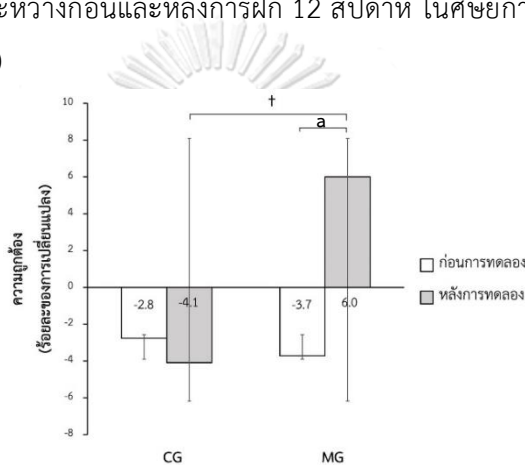
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ที่เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความถูกต้อง (Correction) ค่าระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ในขณะทำการรู้คิด 1-Back และค่าระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back



รูปที่ 62 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในการทดสอบ 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



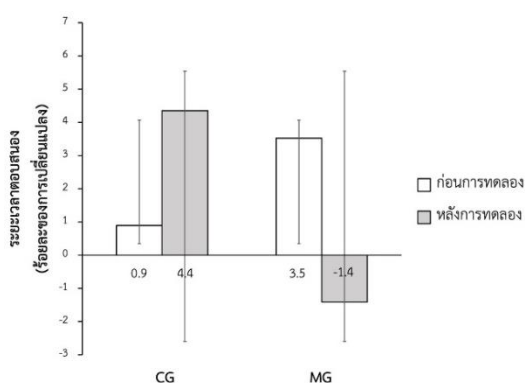
รูปที่ 63 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) จากการทดสอบ 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 64 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) จากการทดสอบ 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

t $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 65 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) จากการทดสอบ 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม				กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน				Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด	48.5 \pm 17.6*		34.6 \pm 14.6*		46.7 \pm 17.4*		33.6 \pm 11.1*		0.005	0.769	0.914
อารมณ์											
ด้านความกระปรี้กระเปร่า	0.4 \pm 3.0		0.5 \pm 3.3		-1.6 \pm 2.4		-1.9 \pm 3.3		0.894	0.007	0.831
ด้านความเหนื่อยล้า	1.6 \pm 4.0		0.4 \pm 1.7		2.2 \pm 1.6*		2.0 \pm 2.8*		0.285	0.193	0.464
ภาระงาน	29.3 \pm 27.5*		25.9 \pm 19.0*		34.6 \pm 20.7*		31.7 \pm 22.7*		0.546	0.948	0.948

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก

p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, * p<0.05 pre vs post cognitive activation

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านตัวแปรความเหนียวล่างของคาร์ติคิงอ์ตวิสัยระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

	Mixed ANOVA		Mann-Whitney U		Wilcoxon Signed			
	F-test		Test		Ranks Test			
	Time	Group	Group	Group*Time	Z	p-value		
เชิงอ์ตวิสัย	(p-value)	(p-value)	(p-value)	Z	p-value	p-value		
ความเหนียวล่างของคาร์ติคิงอ์ตวิสัย	-	-	-	-	-0.562	0.574	-2.436	0.015
อารมณ์								
ด้านความกระปรี้กระเปร่า	0.011	0.355	0.024					
ด้านความเหนียวล่าง	-	-	-	-	-0.707	0.480	-4.547	0.000
ภาระงาน	0.000	0.081	0.129					

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

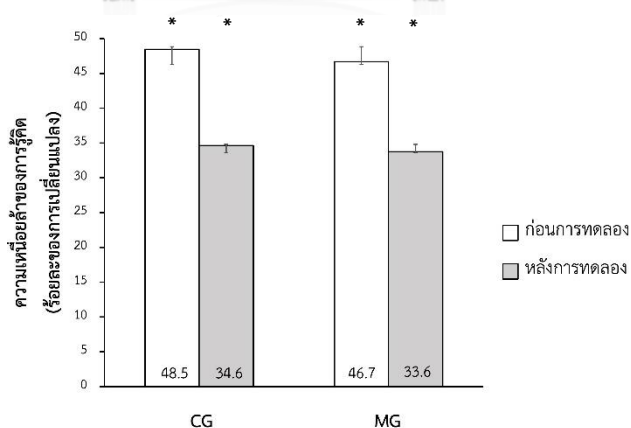
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

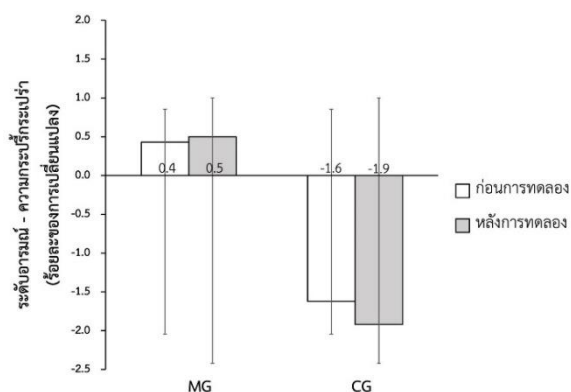
จากตารางที่ 22 และ 23 รูปที่ 66 ถึง 69 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ.05 และไม่พบการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มของอารมณ์ด้านความกระปรี้กระเปร่า ความเหนื่อยล้าและภาระงาน เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด พบว่าหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) และภาระงานจากการประเมิน NASA-TLX เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ.05 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความเหนื่อยล้า (Fatigue) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แต่หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความกระปรี้กระเปร่า (Vigor) ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม

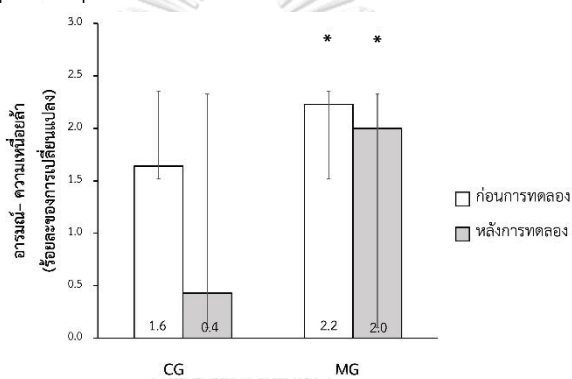
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของความเหนื่อยล้าของการรู้คิด อารมณ์และภาระงาน



รูปที่ 66 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) $\#p < 0.05$ แตกต่างระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

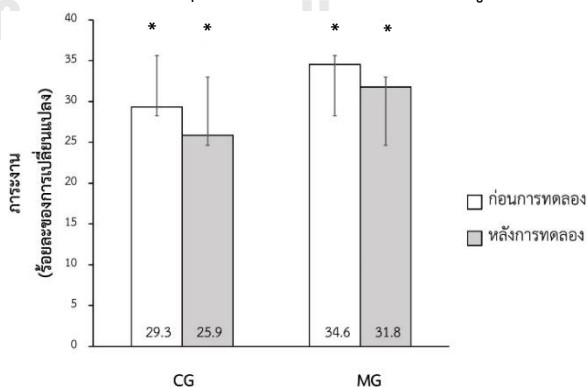


รูปที่ 67 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความกระปี้กระเปร่าจากการประเมิน BRUMS ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 68 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ด้านความเหนื่อยล้า (Fatigue) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

‡ $p < 0.05$ แตกต่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



รูปที่ 69 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงภาระงาน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

‡ $p < 0.05$ แตกต่างระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยของการส่งออกซิเจนไปสมองก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 24 และ 25 รูปที่ 70 ถึง 76 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะที่ทำการรู้คิดจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 แต่ไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าร้อยละของการกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task 1-Back 2-Back และ Tower of London

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่าก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเชิงวัตถุสี่ด้านส่งออกที่เงินไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิดจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านการส่งออกที่เงินไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิด ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity)							
Psychomotor Vigilance Task	-1.6±16.1	0.5±13.2	-8.2±16.0	-10.3±18.2	0.992	0.043	0.659
Visual Search Task	1.7±8.2	-0.6±12.0	-6.7±10.3	-4.7±19.3	0.966	0.117	0.516
Mental Rotation Task	4.3±23.1	-0.7±10.4	0.3±19.4	-5.5±17.5	0.371	0.232	0.953
Time wall Task	7.1±15.6	-4.9±13.6	-0.8±12.3	-2.9±20.8	0.060	0.564	0.177
1-Back	2.1±14.9	-8.0±18.5	0.9±13.7	-12.1±21.2	0.053	0.296	0.481
2-Back	-0.7±12.1	-0.6±11.4	-4.9±13.6	-3.4±9.7	0.821	0.342	0.851
Tower of London	2.0±14.8	0.6±12.7	-2.6±8.4	1.5±15.4	0.731	0.604	0.481

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก

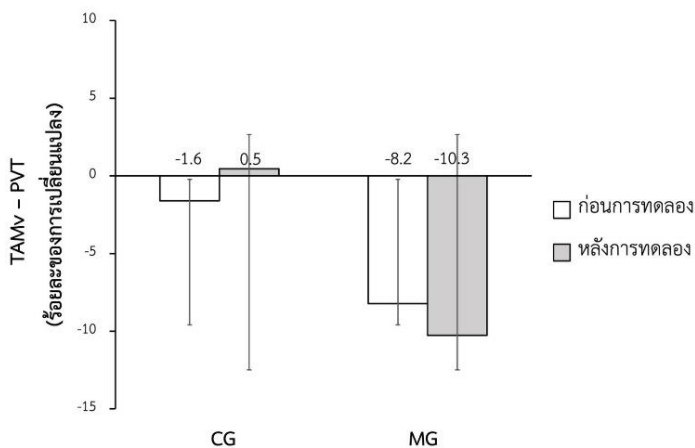
p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านสติปัญญาของนักเรียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิดจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

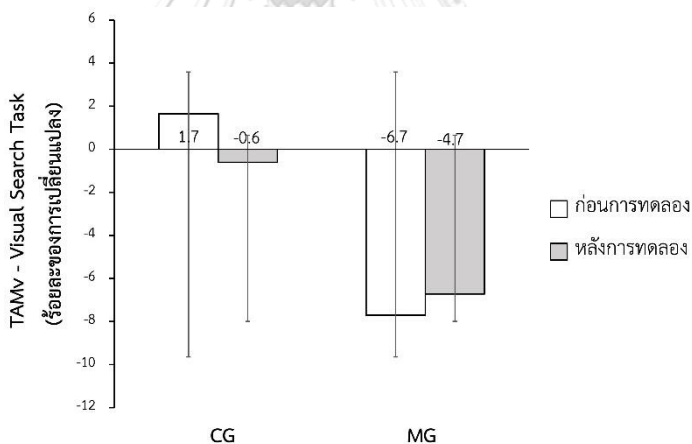
	Mixed ANOVA		
	F-test		
ตัวแปรด้านการศึกษาของนักเรียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิด	Time	Group	Group*Time
	(p-value)	(p-value)	(p-value)
ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดเลือดสมอง (Time average mean velocity) (ชม./วินาที)			
Psychomotor Vigilance Task	0.038	0.582	0.140
Visual Search Task	0.119	0.692	0.129
Mental Rotation Task	0.077	0.270	0.573
Time wall Task	0.033	0.221	0.040
1-Back	0.176	0.401	0.127
2-Back	0.314	0.253	0.238
Tower of London	0.306	0.196	0.303

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

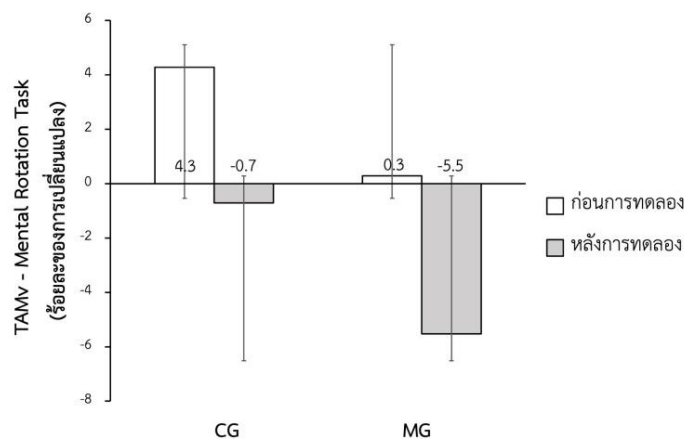
p-value<0.007 แตกต่างจากการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test



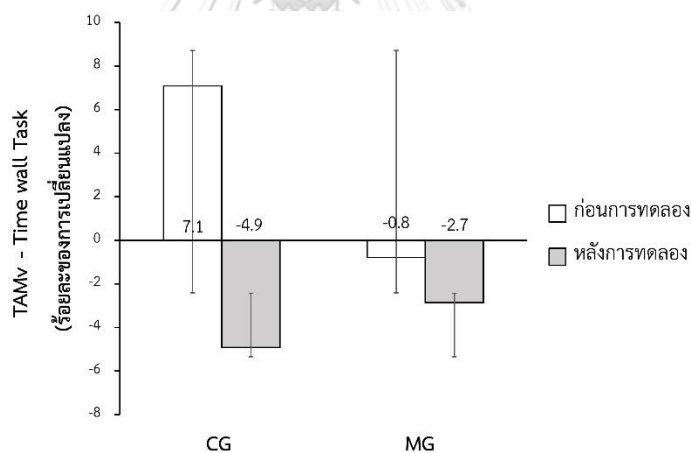
รูปที่ 70 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor Vigilance Task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



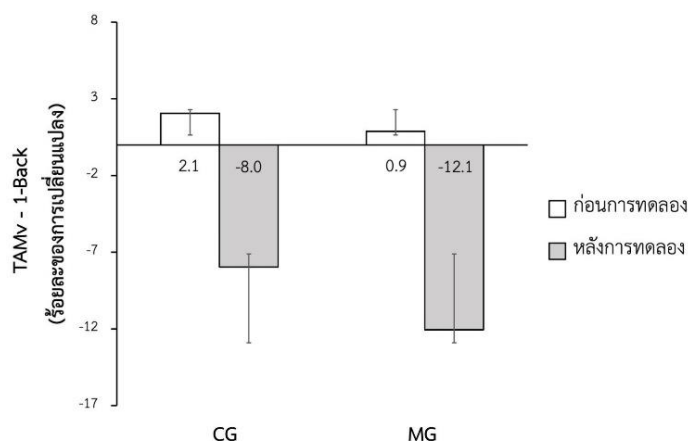
รูปที่ 71 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual Search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



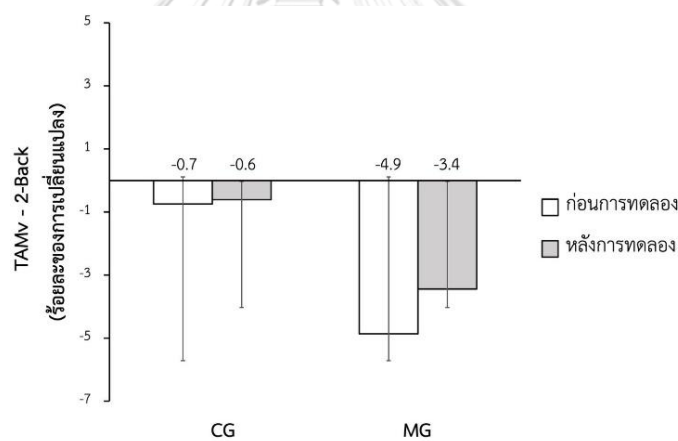
รูปที่ 72 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะทำการรู้คิด Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



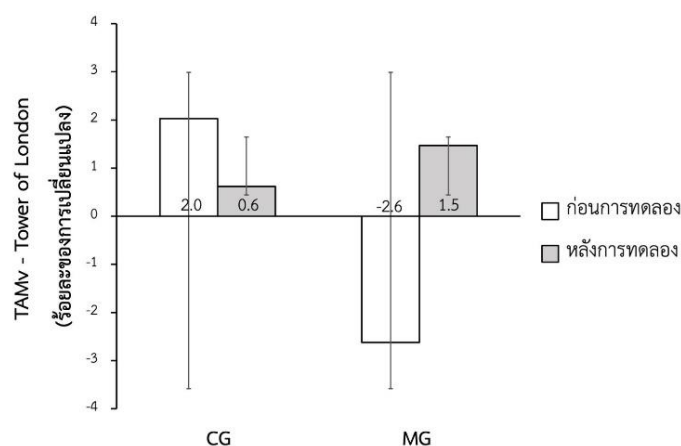
รูปที่ 73 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในสมองในขณะทำการรู้คิด Time Wall Task ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 74 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 75 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 76 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity, TAMv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 26 และ 27 รูปที่ 77 ถึง 83 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มควบคุม (CG) ไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าร้อยละของการกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งออกซีเจนไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดแดงสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะทำการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านการส่งออกซีเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดแดงสมองในขณะทำการรู้คิด ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดแดงสมองสูงสุด (Time average peak velocity)							
Psychomotor Vigilance Task	-2.4±11.3	-3.3±9.1	-8.3±9.6	-4.7±7.2	0.646	0.157	0.436
Visual Search Task	1.3±12.0	-2.1±7.1	-1.8±11.1	-0.9±9.3	0.707	0.649	0.516
Mental Rotation Task	4.0±17.2	-3.9±8.2	3.1±13.9	-1.5±9.1	0.116	0.119	0.663
Time wall Task	0.8±8.5	-8.0±7.8	1.0±8.9	-1.4±8.0	0.023	0.179	0.178
1-Back	-1.1±13.0	-5.1±11.9	1.7±7.5	-4.4±11.9	0.175	0.489	0.776
2-Back	-1.8±16.3	-5.2±8.6	2.0±11.0	-0.1±11.5	0.442	0.171	0.848
Tower of London	2.7±14.1	-3.0±10.4	-1.3±7.3	1.0±9.6	0.555	0.989	0.165

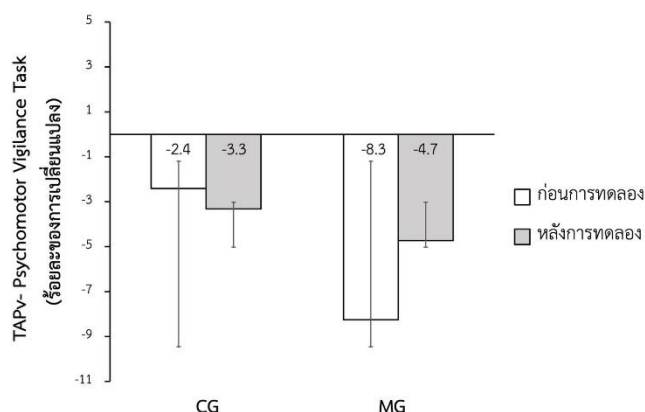
$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,
F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยแปรงเชิงวัตถุสี่ด้านส่งออกไปสมองจากความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิณกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

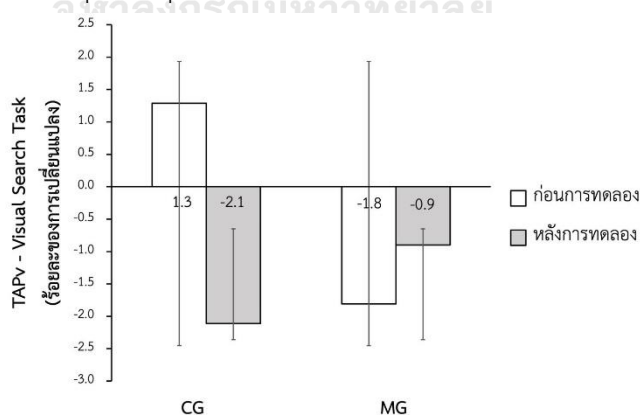
ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิด	Mixed ANOVA		
	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
ความเร็วของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity) (ชม./วินาที)			
Psychomotor Vigilance Task	0.009	0.724	0.684
Visual Search Task	0.356	0.807	0.832
Mental Rotation Task	0.232	0.526	0.887
Time wall Task	0.024	0.742	0.787
1-Back	0.304	0.806	0.326
2-Back	0.071	0.897	0.637
Tower of London	0.825	0.736	0.447

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

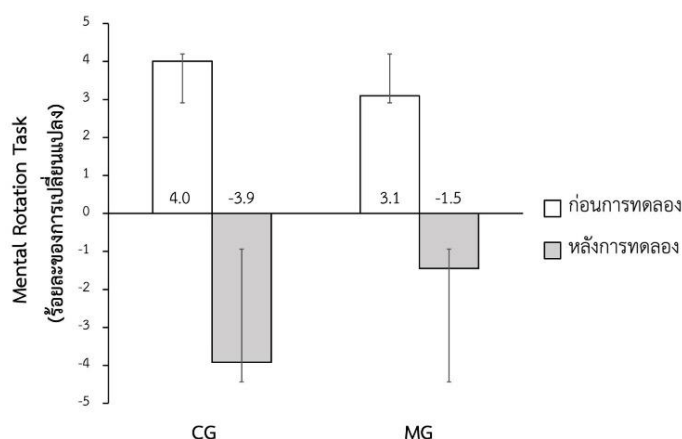
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ลดลงมากกว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task 1-Back 2-Back และ Tower of London



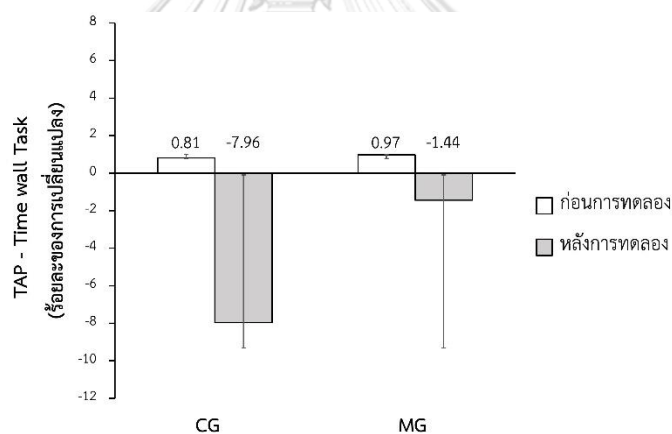
รูปที่ 77 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor Vigilance Task ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



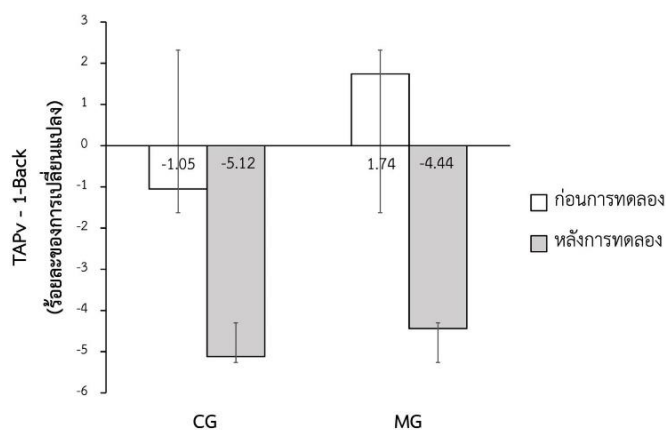
รูปที่ 78 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



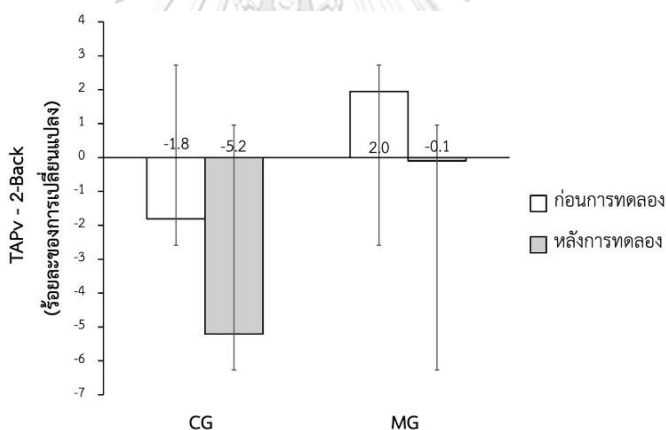
รูปที่ 79 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental Rotation Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



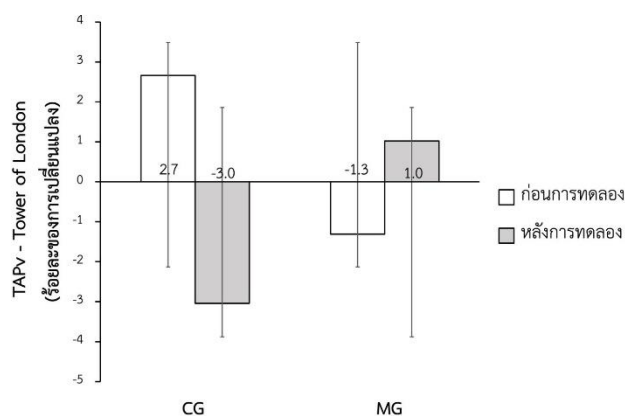
รูปที่ 80 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 81 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 83 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนในหลอดเลือดสมองสูงสุด (Time average peak velocity, TAPv) ในขณะทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 28 และ 29 รูปที่ 84 ถึง 90 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่าไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ของการกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านตัวแปรการส่งออกซิเจนไปสมอง ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

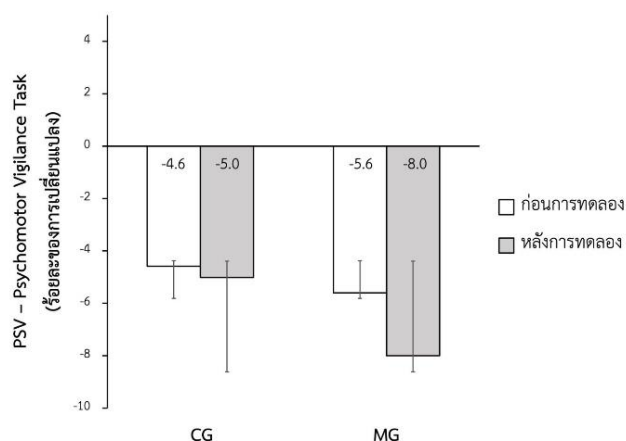
ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองในขณะทำการรู้คิด ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
ความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity)							
Psychomotor Vigilance Task	-4.6±17.9	-5.0±8.6	-5.6±10.3	-8.0±13.2	0.711	0.550	0.796
Visual Search Task	-1.1±8.4	-3.6±5.7	-3.7±10.4	-2.7±9.3	0.788	0.650	0.543
Mental Rotation Task	-0.5±10.3	-8.8±7.6	-1.9±7.8	-2.6±8.9	0.117	0.236	0.180
Time wall Task	-2.3±11.1	-6.5±10.6	-1.4±9.2	-3.1±9.1	0.326	0.411	0.676
1-Back	-1.9±11.7	-9.1±7.3	-0.9±10.0	-6.6±8.7	0.320	0.491	0.796
2-Back	-3.2±13.2	-6.7±9.4	-3.0±10.3	-2.0±10.5	0.683	0.410	0.472
Tower of London	-3.1±10.8	-6.9±9.6	-2.5±7.5	-3.1±10.8	0.425	0.408	0.555

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก

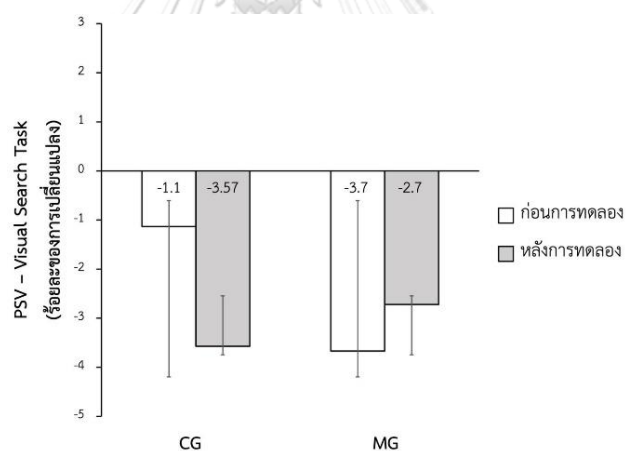
ตารางที่ 28 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านสติปัญญาที่ชัดเจนไปสมองจากคำร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดของหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากการไหลเวียนเลือด ในหลอดเลือดสมองในขณะทำการ รู้คิด	Mixed ANOVA		
	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)
ความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity) (ชม./วินาที)			
Psychomotor Vigilance Task	0.008	0.566	0.870
Visual Search Task	0.023	0.749	0.736
Mental Rotation Task	0.006	0.833	0.271
Time wall Task	0.005	0.791	0.622
1-Back	0.069	0.588	0.702
2-Back	0.014	0.728	0.748
Tower of London	0.066	0.871	0.676

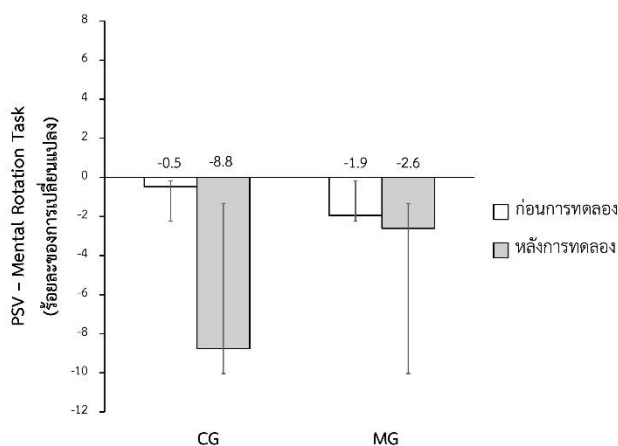
F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก
p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test



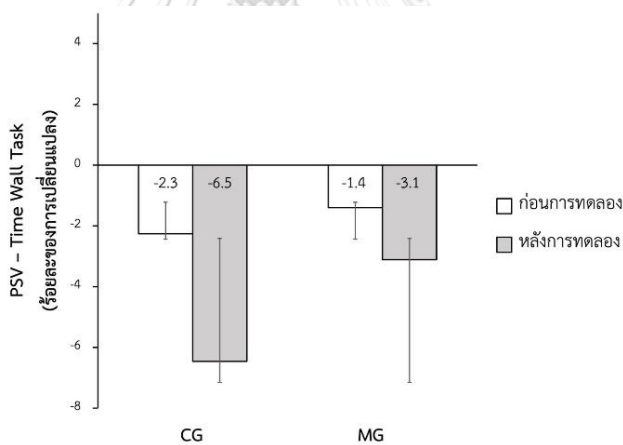
รูปที่ 84 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor Vigilance Task ระหว่างก่อนและหลัง การฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



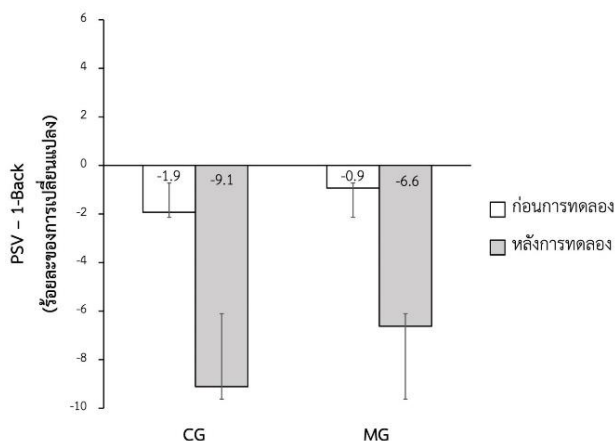
รูปที่ 85 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิด Visual Search ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



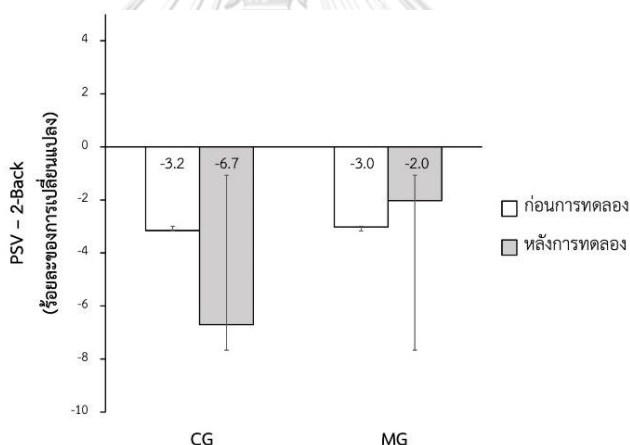
รูปที่ 86 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิด Mental Rotation ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



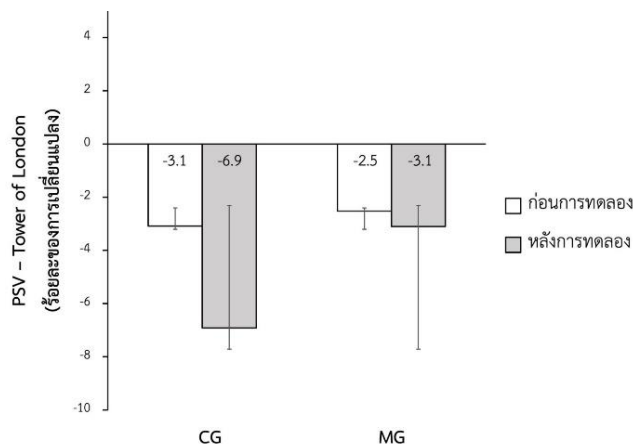
รูปที่ 87 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรู้คิด Time Wall Task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 88 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรื้อคิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 89 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะทำการรื้อคิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 90 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity; PSV) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 30 และ 31 รูปที่ 91 ถึง 97 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่ามัธยฐาน (ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall 2-Back เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่ม ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Time wall task 1-Back และ Tower of London ของทั้ง 2 กลุ่ม และพบการเพิ่มขึ้นของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในการทดสอบ คิด Psychomotor vigilance task และ 2-Back

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่ม ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task 2-Back เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความเฝ้าระวังของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง ระดับความเฝ้าระวังของออกซิเจนในสมอง ด้านซ้าย ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม				กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน				Mixed ANOVA F-test		Mann-Whitney U test	
	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value
Psychomotor Vigilance Task	2.0 \pm 3.2*	0.8 \pm 1.8	3.2 \pm 2.8*	1.9 \pm 2.6*	0.102	0.109	0.917	-	-	-	-	-
Visual Search Task	0.0	-0.4	0	1.0	-	-	-	-3.009	0.003	-	-	-
Mental Rotation Task	0	-1.1	0	1.1 [†]	-	-	-	-2.475	0.013	-	-	-
Time wall Task	-0.2 \pm 1.4	-0.9 \pm 1.4	-0.2 \pm 2.5	1.7 \pm 1.9 ^{a,t}	0.238	0.030	0.016	-	-	-	-	-
1-Back	-0.1 \pm 1.7	0.3 \pm 1.3	0.1 \pm 2.0	1.0 \pm 1.9	0.417	0.152	0.239	-	-	-	-	-
2-Back	-0.1 \pm 1.3	-0.6 \pm 0.9*	-0.6 \pm 2.2	0.7 \pm 1.6 ^{a,t}	0.235	0.463	0.022	-	-	-	-	-
Tower of London	0	-0.7	0	1.1	-	-	-	-1.893	0.058	-	-	-
	(-2.5-1.3)	(-1.3--0.2)	(-2.6-1.3)	(-1.0-1.9)								

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, * p<0.05 pre vs post cognitive activation, a p<0.05 pre vs training, † p<0.05 CG vs MG

ตารางที่ 30 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากกระดับความเข้มข้นตัวของออกซิเจนในสมอง
ด้านซ้าย ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในสมอง ด้านซ้าย	Mixed ANOVA		Mann-Whitney U		Wilcoxon Signed		
	F-test		Test		Ranks Test		
	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value	Z	p-value
Psychomotor Vigilance Task (ร้อยละ)	-	-	-	-0.825	0.409	-2.578	0.010
Visual Search Task (ร้อยละ)	-	-	-	-2.680	0.007	-1.430	0.153
Mental Rotation Task (ร้อยละ)	0.099	0.845	0.082	-	-	-	-
Time wall Task (ร้อยละ)	-	-	-	-2.099	0.036	-0.417	0.677
1-Back (ร้อยละ)	0.041	0.793	0.018	-	-	-	-
2-Back (ร้อยละ)	-	-	-	-2.128	0.033	-0.036	0.971
Tower of London (ร้อยละ)	0.016	0.287	0.049	-	-	-	-

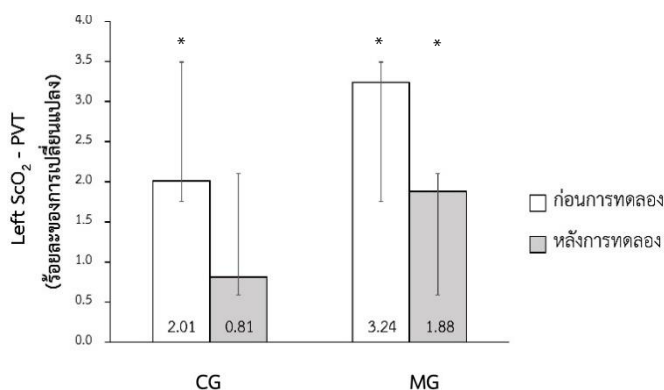
F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

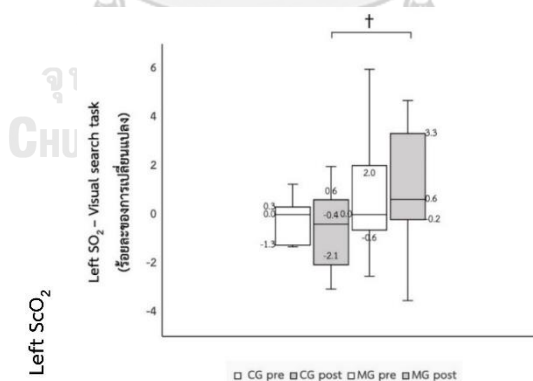
p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ของการกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task Mental rotation task Time wall task 1-Back และ 2-Back เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) 1-Back และ Tower of London



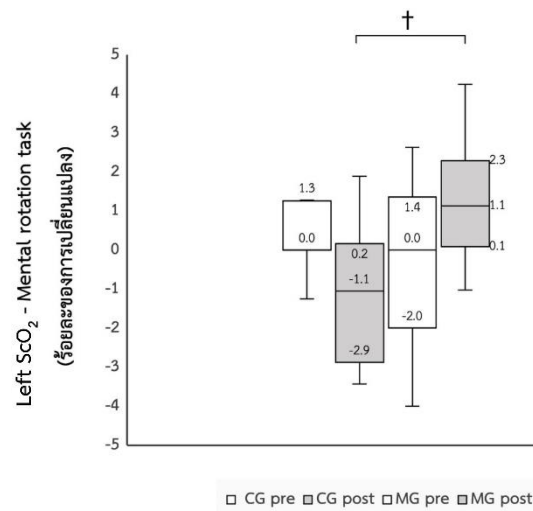
รูปที่ 91 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

* p<0.05 แตกต่างจากก่อนกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



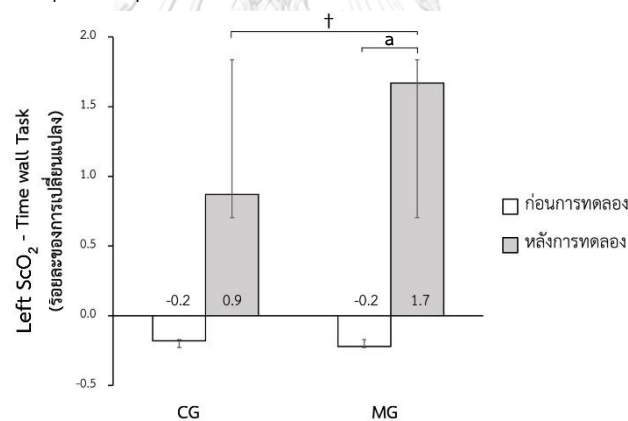
รูปที่ 92 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂)ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

† p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CM)



รูปที่ 93 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

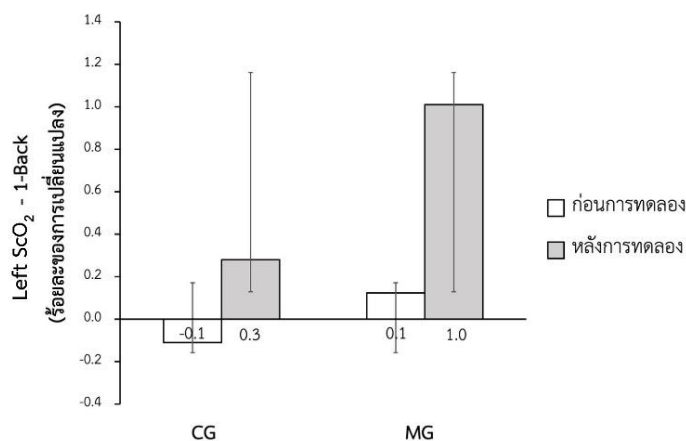
† p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CM)



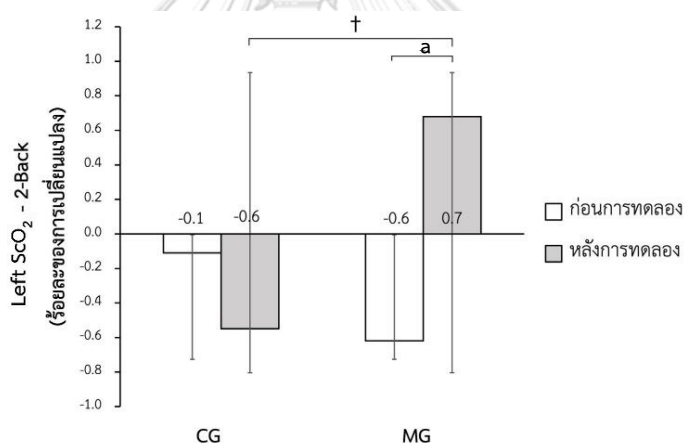
รูปที่ 94 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a p<0.05 แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

† p<0.05 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



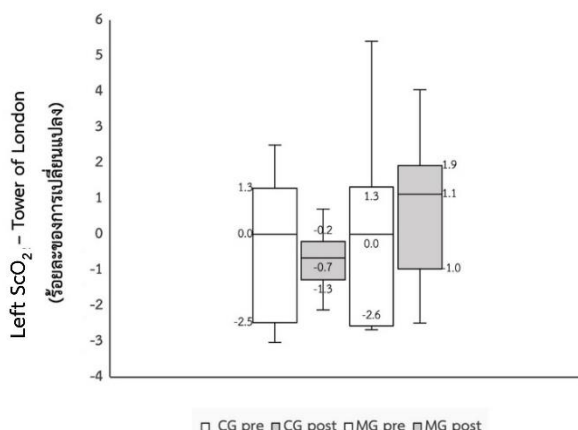
รูปที่ 95 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนจากระดับความ อิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂)ในขณะทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลัง การฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 96 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจาก ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂)ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ระหว่าง ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

† $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 97 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 32 และ 33 รูปที่ 101 ถึง 107 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่ามัธยฐาน (ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการส่งออกซิเจนสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านการส่งพลังงานของสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back และ Tower of London ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) และพบการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในการทดสอบ คิต Psychomotor vigilance task

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งพลังงานของสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หรือค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง จากระดับความอิมิตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรการส่งออกซิเจนไปสมอง ระดับความอิมิตัวของออกซิเจนในสมอง ด้านขวา ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		Mann-Whitney U test		
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value
Psychomotor Vigilance Task	0.9 \pm 2.0	1.2 \pm 2.4*	2.4 \pm 2.0*	1.1 \pm 1.9*	0.423	0.289	0.199	-	-
Visual Search Task	-0.0 \pm 2.2	0.6 \pm 2.2	0.7 \pm 1.7	1.3 \pm 2.1	0.276	0.266	0.976	-	-
Mental Rotation Task	0.3 \pm 1.9	0.1 \pm 2.2	-0.2 \pm 2.0	1.1 \pm 2.0	0.363	0.669	0.162	-	-
Time wall Task	0.3 \pm 1.9	-0.1 \pm 2.1	0.0 \pm 1.9	1.1 \pm 2.1	0.521	0.739	0.248	-	-
1-Back	0	1.1	0.0	0.2	-	-	-	-0.049	0.961
	(-1.3-0.3)	(-0.8-2.2)	(-0.6-1.3)	(-0.3-2.0)					
2-Back	-0.1 \pm 1.7	0.3 \pm 1.8	-0.9 \pm 1.8	0.8 \pm 1.3	0.048	0.699	0.198	-	-
Tower of London	0.0	0.1	0	0.4	-	-	-	-0.146	0.884
	(0.0-1.5)	(-1.0-2.7)	(-0.6-2.7)	(-0.4-1.8)					

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
U-test; สถิติอนุพาราเมตริกทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
p-value<0.017 แตกต่างจากการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, * p<0.05 pre vs post cognitive activation

ตารางที่ 32 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง
ด้านขวา ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

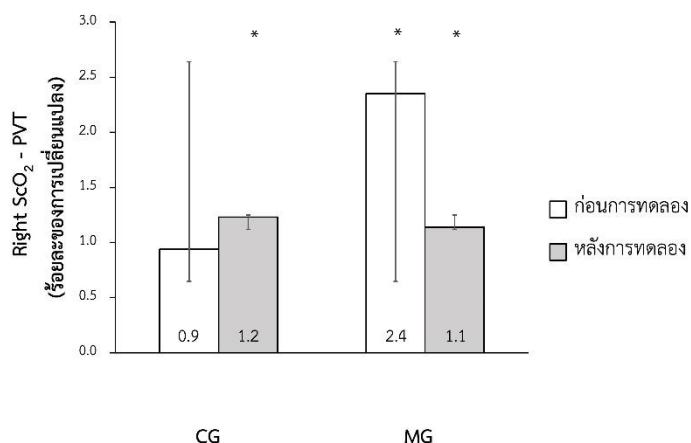
ตัวแปรด้านการส่งออกซิเจนไปสมอง ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง ด้านขวา	Mixed ANOVA				Mann-Whitney U		Wilcoxon Signed	
	F-test		Test		Ranks Test			
	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value	Z	p-value	
Psychomotor Vigilance Task (ร้อยละ)	-	-	-	-1.650	0.099	-2.847	0.004	
Visual Search Task (ร้อยละ)	-	-	-	-1.844	0.065	-1.982	0.047	
Mental Rotation Task (ร้อยละ)	-	-	-	-1.602	0.109	-1.526	0.127	
Time wall Task (ร้อยละ)	-	-	-	-1.675	0.094	-0.961	0.337	
1-Back (ร้อยละ)	-	-	-	-1.893	0.058	-1.802	0.072	
2-Back (ร้อยละ)	0.004	0.098	0.253	-	-	-	-	
Tower of London (ร้อยละ)	-	-	-	-1.389	0.165	-1.384	0.166	

F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

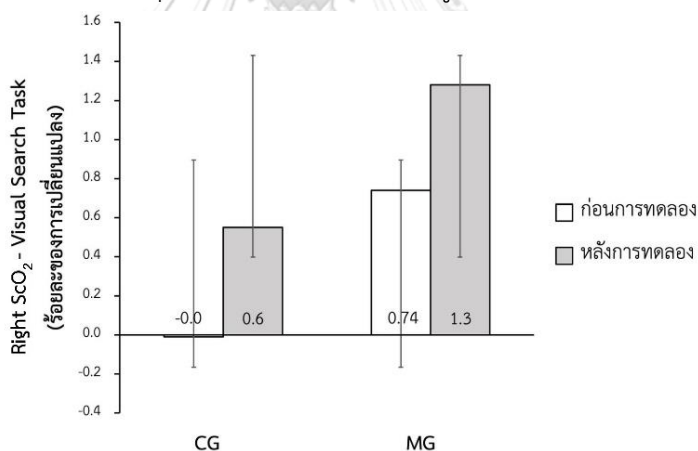
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

p-value<0.007 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

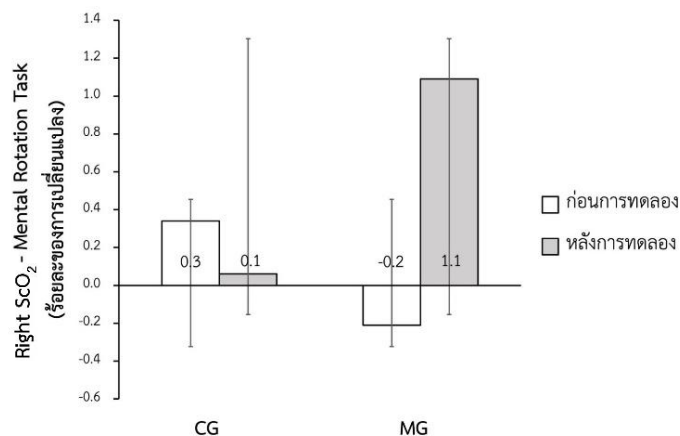


รูปที่ 98 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งพลังงานของสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

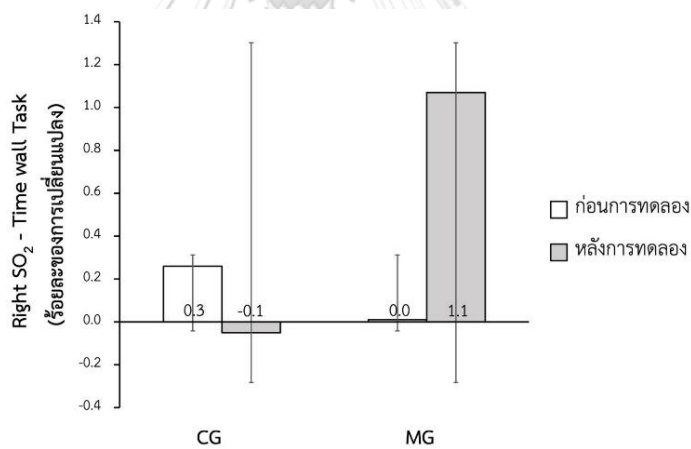
* $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



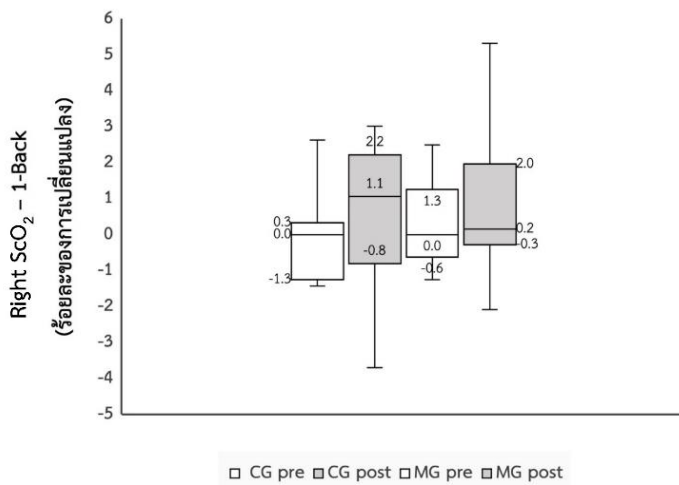
รูปที่ 99 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



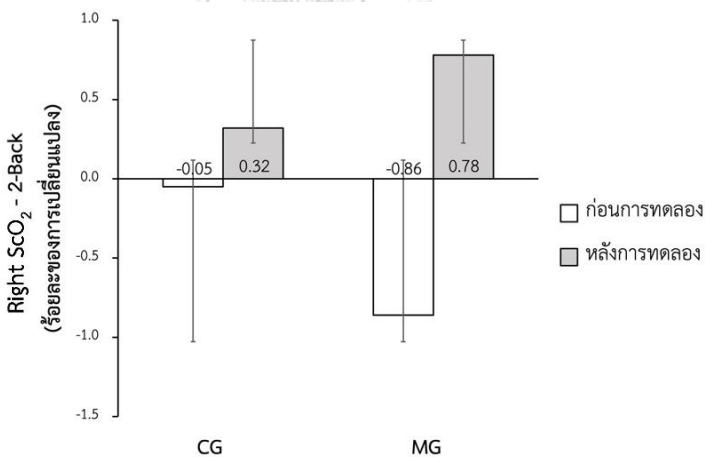
รูปที่ 100 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



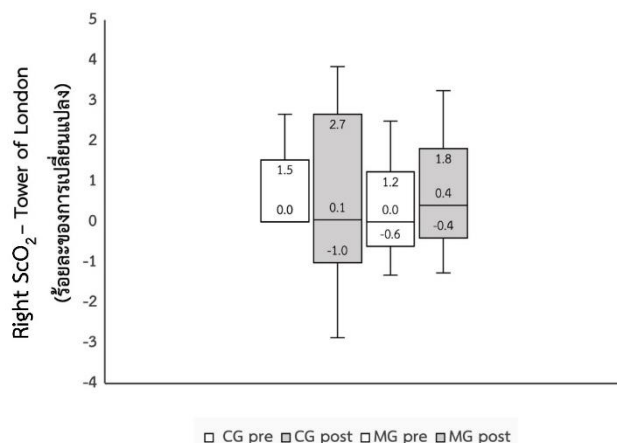
รูปที่ 101 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 102 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 103 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 104 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ด้านการส่งออกซิเจนไปสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 34 รูปที่ 105 ถึง 111 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบ Time-domain methods จากค่า Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

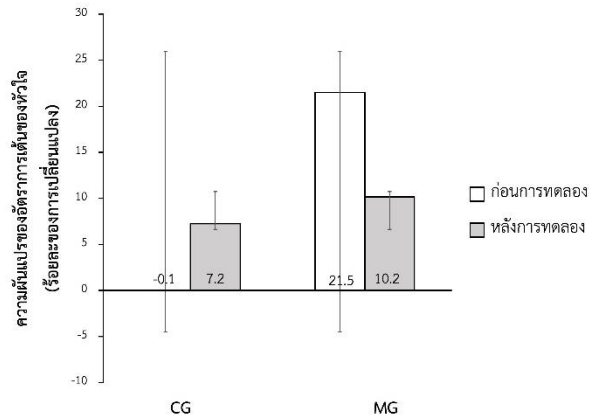
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากค่า Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นแบบ จาการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

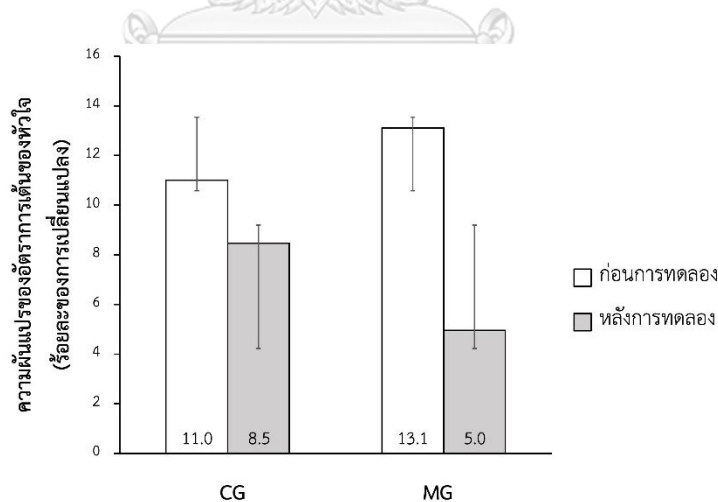
ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตรา เต้นของหัวใจ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mixed ANOVA F-test		Mann- Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test		
	ก่อน การฝึก	หลัง การฝึก	ก่อน การฝึก	หลัง การฝึก	Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	Z	p-value	Z	p-value
Root mean square of successive differences between normal heartbeats (RMSSD)											
Psychomotor Vigilance Task	-0.1±24.7	7.2±43.9	21.5±23.8	10.2±29.3	0.806	0.188	0.265	-0.340	0.734	-1.225	0.220
Visual Search Task	11.0±37.7	8.5±32.0	13.1±26.6	5.0±10.7	0.487	0.936	0.714	-0.049	0.961	-1.249	0.212
Mental Rotation Task	6.1±37.1	15.1±41.4	11.1±20.3	12.0±23.6	0.588	0.908	0.651	-0.097	0.923	-0.432	0.665
Time wall Task	9.4±21.6	11.1±28.5	3.7±17.4	23.1±27.1	0.161	0.619	0.236	-0.388	0.698	-1.406	0.160
1-Back	6.1±32.5	10.4±30.0	1.1±31.8	6.9±32.5	0.458	0.645	0.909	-0.922	0.357	-1.730	0.084
2-Back	15.7±18.0	9.8±35.8	23.1±28.6	16.5±20.1	0.463	0.268	0.968	-0.922	0.357	-1.754	0.079
Tower of London	12.5±38.2	18.7±27.7	15.4±27.3	12.5±22.0	0.803	0.798	0.533	-0.049	0.961	-1.345	0.178

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
 U-test; สถิติอันดับการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
 Wilcoxon; สถิติอันดับการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก
 p-value<0.017 แตกต่างจากก่อนการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test

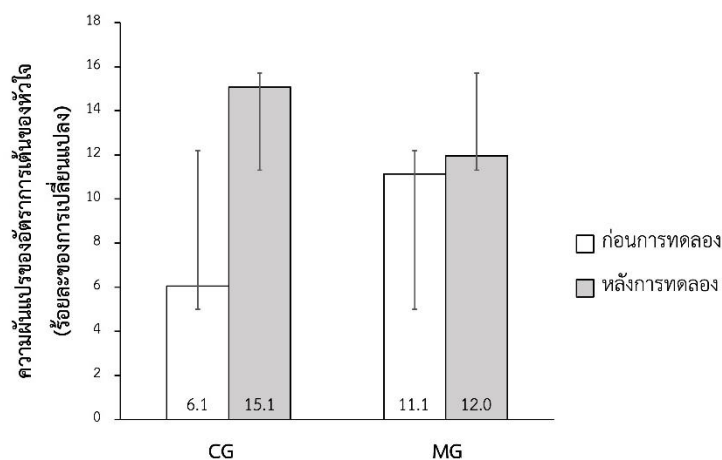
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) ที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ในขณะที่การรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



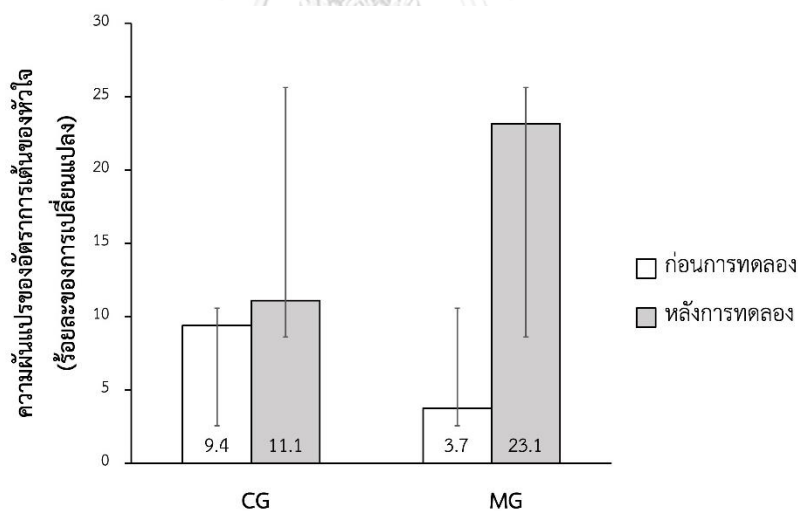
รูปที่ 105 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่การรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



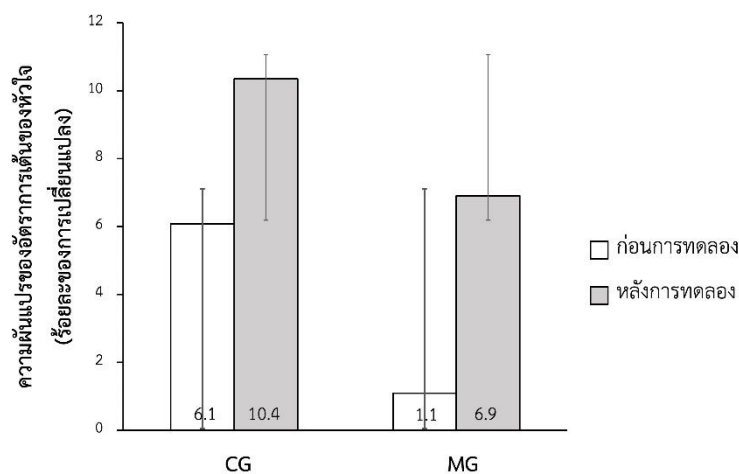
รูปที่ 106 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่การรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



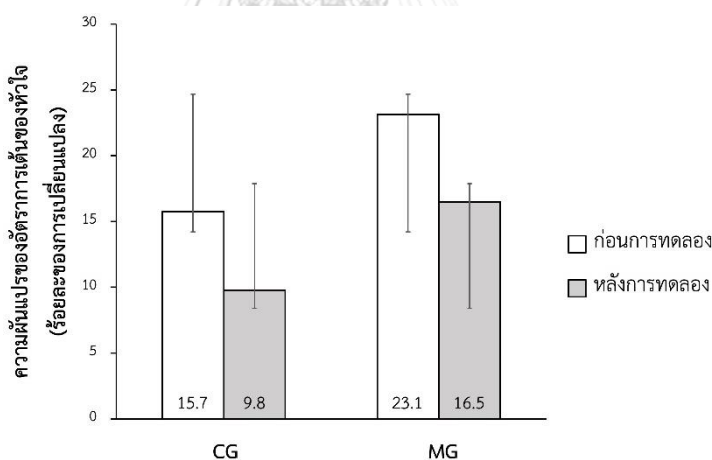
รูปที่ 107 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



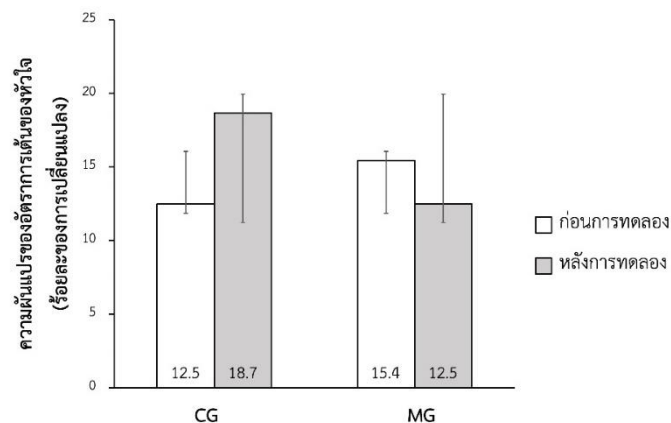
รูปที่ 108 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 109 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 110 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 111 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ในขณะที่ทำกรู๊ดคิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 34 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mann-Whitney U test	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Z	p-value
Low frequency/High frequency ratio						
Psychomotor Vigilance Task	15 (-19-122)	66 (-9-367)	38 (-30-164)	33 (-31-341)	-0.679	0.497
Visual Search Task	60 (-19-250)	8 (-47-79)	10 (-67-48)	15 (-21-143)	-1.308	0.191
Mental Rotation Task	33 (-29-66)	30 (-63-116)	22 (-31-105)	70 (-37-127)	-0.485	0.627
Time wall Task	7 (-31-174)	137 (48-447)	137 (-8.5-447)	78 (25-354)	-1.504	0.133
1-Back	-12 (-56-70)	25 (-9-168)	41 (-37-281)	22 (-22-196)	-0.097	0.923
2-Back	27 (-10-77)	49 (-67-99)	6 (-34-155)	24 (-44-95)	-0.049	0.961
Tower of London	2 (-55-62)	9 (-43-64)	31 (-40-138)	-12 (-56-61)	-0.679	0.497

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

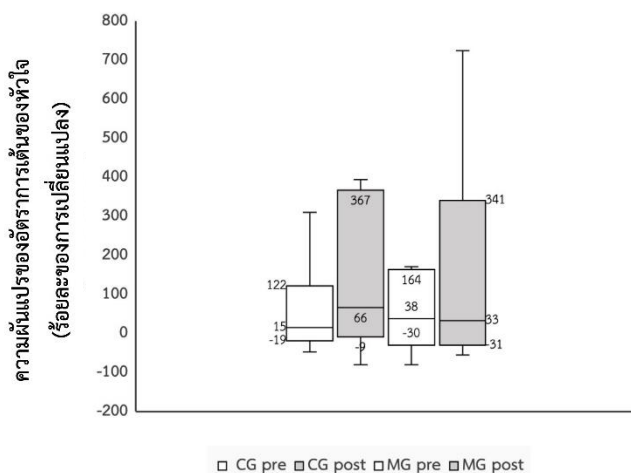
ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ	Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test	
	Z	p-value	Z	p-value
Low frequency/High frequency ratio (ร้อยละ)				
Psychomotor Vigilance Task	-0.388	0.698	-0.120	0.904
Visual Search Task	-1.601	0.109	-0.192	0.848
Mental Rotation Task	-1.019	0.308	-0.721	0.471
Time wall Task	-1.116	0.264	-0.745	0.456
1-Back	-1.65	0.099	-0.865	0.387
2-Back	-1.407	0.159	-1.658	0.097
Tower of London	-0.243	0.808	-0.625	0.532

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

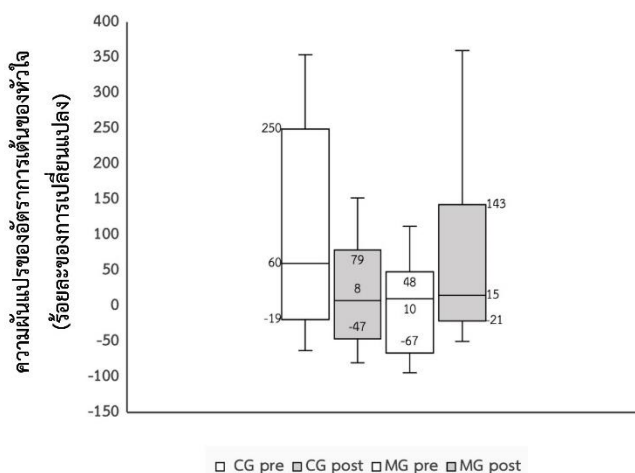
จากตารางที่ 35 และ 36 รูปที่ 112 ถึง 128 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio (LF/HF ratio) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตัวแปรตัวแปรความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio (LF/HF ratio) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่ม

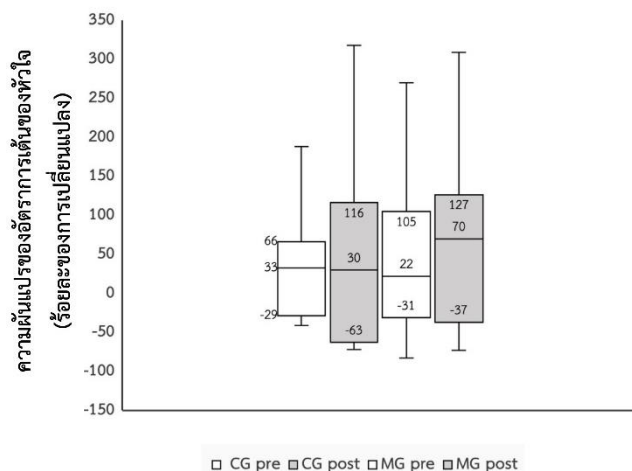
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency/High frequency ratio (LF/HF ratio) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม



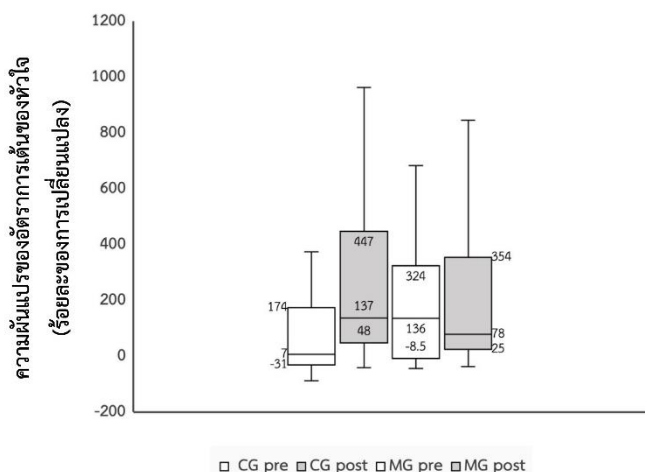
รูปที่ 112 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



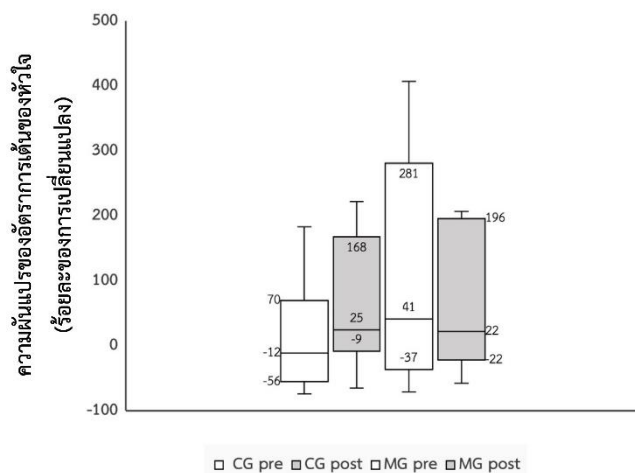
รูปที่ 113 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



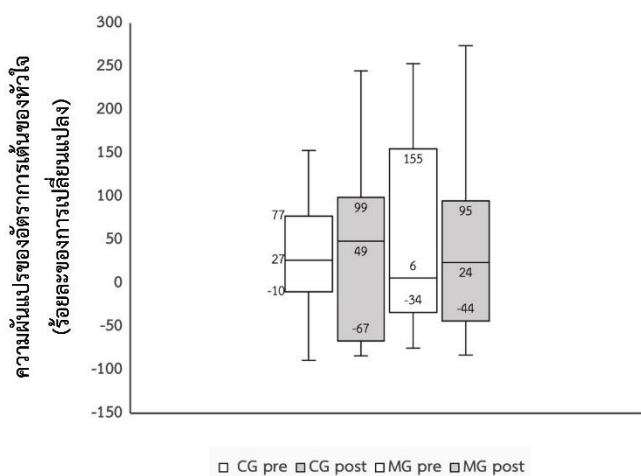
รูปที่ 114 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



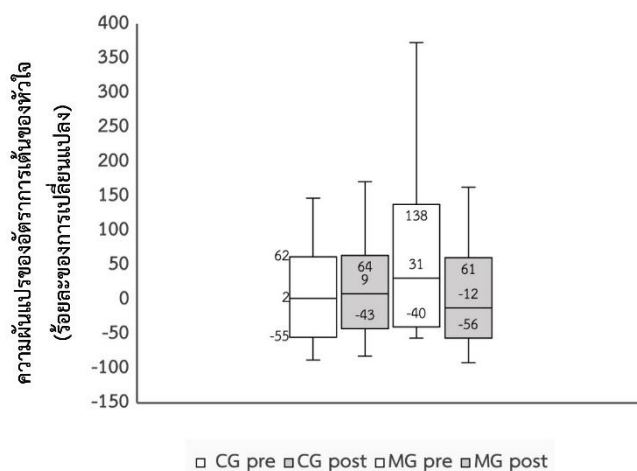
รูปที่ 115 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 116 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 117 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 118 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน LF/HF ratio ในขณะทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 37 และ 38 รูปที่ 119 ถึง 125 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Inter quartile range) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency (LF) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) พบว่าไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่มของความผันแปรอัตราของอัตราการเต้นของหัวใจจากค่า Low frequency (LF) ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back และ Tower of London

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากค่า Low frequency (LF) ในขณะทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London

ตารางที่ 36 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Inter quartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตรา เต้นของหัวใจ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mann-Whitney U test	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Z	p-value
Low frequency						
Psychomotor Vigilance Task	-19 (-47-111)	53 (-16-242)	59 (9-142)	67 (4-194)	-0.243	0.808
Visual Search Task	32 (16-81)	49 (-48-127)	-29 (-58-82)	49 (32-117)	-0.243	0.808
Mental Rotation Task	73 (-18-129)	57 (-49-146)	28 (-20-190)	73 (24-255)	-0.631	0.528
Time wall Task	57 (-11-269)	143 (37-364)	70 (3-210)	58 (4-243)	-1.116	0.264
1-Back	28 (-16-70)	55 (4-127)	-5 (-32-292)	46 (33-221)	-0.873	0.382
2-Back	86 (19-198)	82 (-51-144)	139 (-14-204)	75 (31-145)	-0.194	0.846
Tower of London	43 (-15-91)	34 (-10-279)	98 (-25-166)	2 (36-132)	-1.019	0.308

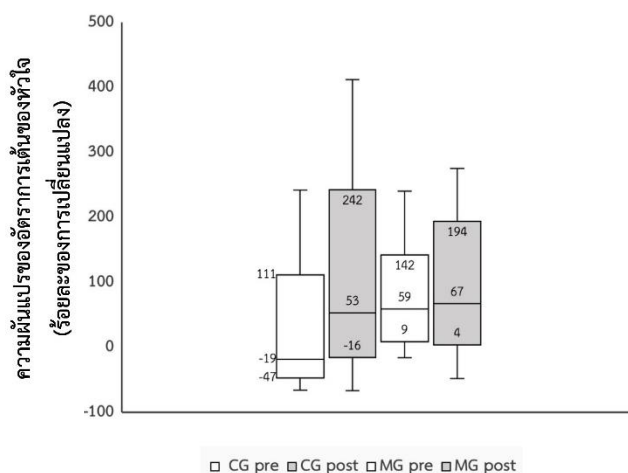
$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,

U-test; สถิตินอนพารามตริกการทดสอบแมนวิทนีเยียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

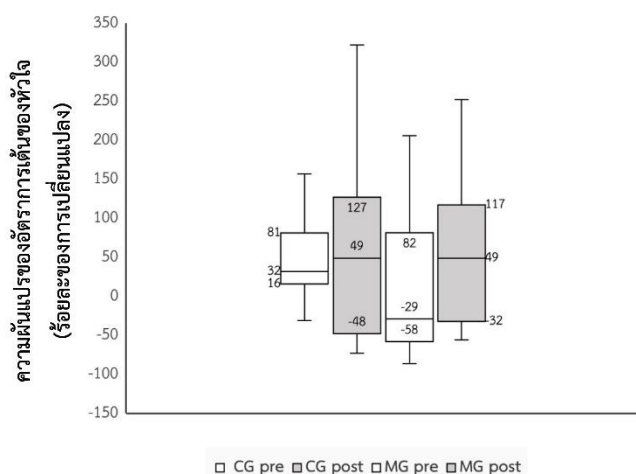
ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน Low frequency ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ	Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test	
	Z	p-value	Z	p-value
Low frequency (มิลลิวินาที ²)				
Psychomotor Vigilance Task	-0.340	0.734	-1.081	0.280
Visual Search Task	-0.340	0.734	-1.201	0.230
Mental Rotation Task	-1.601	0.109	-0.505	0.614
Time wall Task	-0.194	0.846	-2.475	0.013
1-Back	-0.971	0.332	-0.697	0.486
2-Back	-2.232	0.026	-1.105	0.269
Tower of London	-1.262	0.207	-1.225	0.220

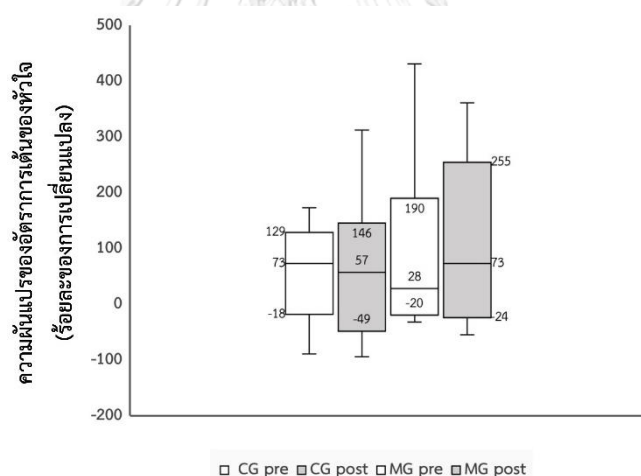
U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก



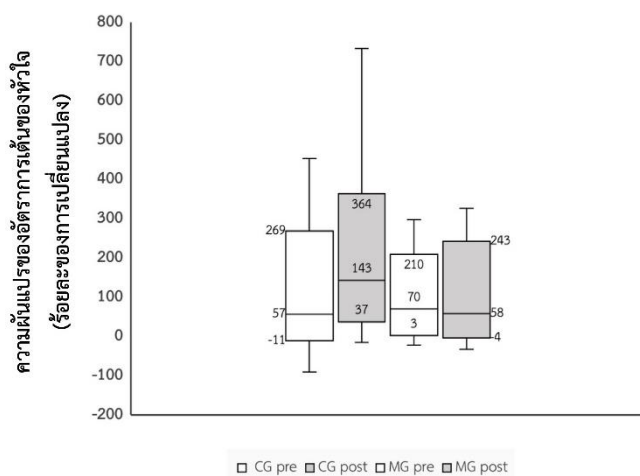
รูปที่ 119 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้จัก Psychomotor vigilance task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



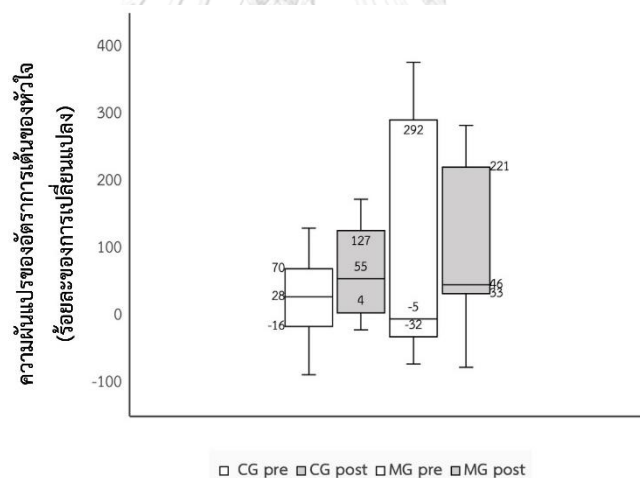
รูปที่ 120 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



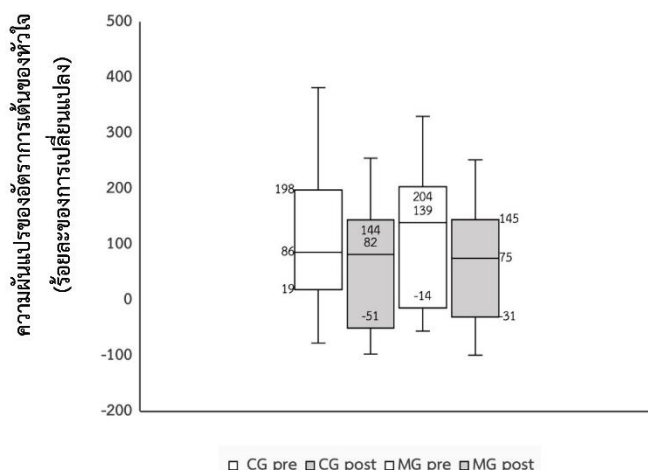
รูปที่ 121 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



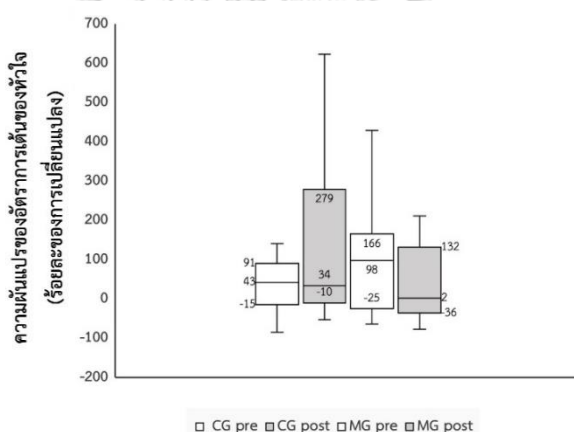
รูปที่ 122 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 123 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 124 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 125 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน Low frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 38 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยของความผันแปรของอัตราการเต้นจากการประเมิน High frequency activity ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตรา เต้นของหัวใจ ($\Delta\%$)	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน		Mann-Whitney U test	
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	Z	p-value
High frequency						
Psychomotor Vigilance Task	-39 (-49- -3)	24 (-45-80)	31 (-15-68)	25 (-22-87)	-0.340	0.734
Visual Search Task	41 (-12-116)	50 (5-107)	45 (-29-113)	12 (-24-24)	-1.844	0.065
Mental Rotation Task	35 (-41-119)	36 (-36-93)	39 (-14-109)	2 (-16-72)	-0.388	0.698
Time wall Task	14 (-24-75)	10 (-13-39)	-21 (-36-51)	7 (-36-44)	-0.194	0.846
1-Back	3 (-40-90)	11 (-38-122)	17 (-37-63)	23 (-24-103)	-0.340	0.734
2-Back	48 (5-109)	52 (-12-98)	84 (-8-130)	42 (-27-70)	-0.146	0.884
Tower of London	48 (-7-93)	60 (14-109)	44 (-5-88)	28 (-10-143)	-0.340	0.734

$\Delta\%$ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์,

U-test; สถิตินอนพารามตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

จากตารางที่ 39 และ 40 รูปที่ 126 ถึง 132 แสดงให้เห็นถึงค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรความผันแปรด้านความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency (HF) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

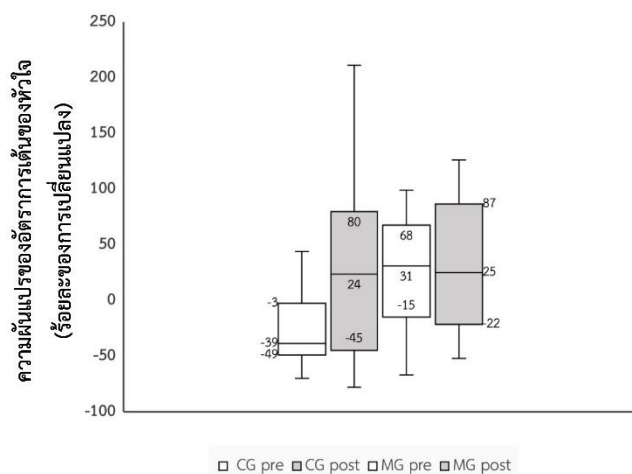
เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) ก่อนและหลังการทดลอง 12 ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มของค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากค่า High frequency (HF) ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบทางสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้านด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมิน High frequency ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

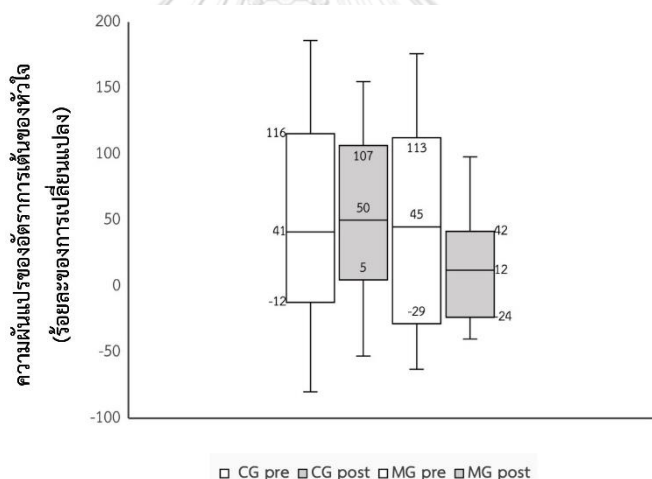
ตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ	Mann-Whitney U Test		Wilcoxon Signed Ranks Test	
	Z	p-value	Z	p-value
High frequency (มิลลิวินาที ²)				
Psychomotor Vigilance Task	-0.485	0.627	-1.658	0.097
Visual Search Task	-0.194	0.846	-0.721	0.471
Mental Rotation Task	-1.116	0.264	-0.673	0.501
Time wall Task	-0.679	0.497	-1.177b	0.239
1-Back	-0.291	0.771	-2.066	0.039
2-Back	-0.679	0.497	-0.913	0.361
Tower of London	-0.291	0.771	-2.162	0.031

U-test; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
Wilcoxon; สถิตินอนพาราเมตริกการทดสอบแมนวิทนีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก

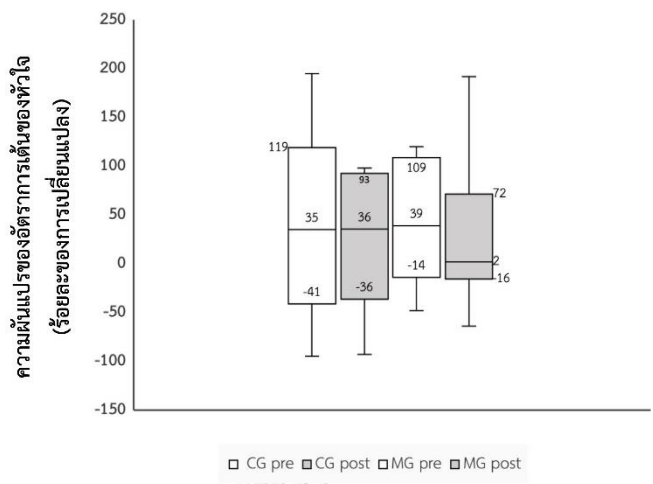
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากค่า High frequency (HF) ในขณะที่ทำการวัด Psychomotor vigilance task (PVT) Visual Search task Mental rotation task Time wall task 1-Back 2-Back และ Tower of London ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



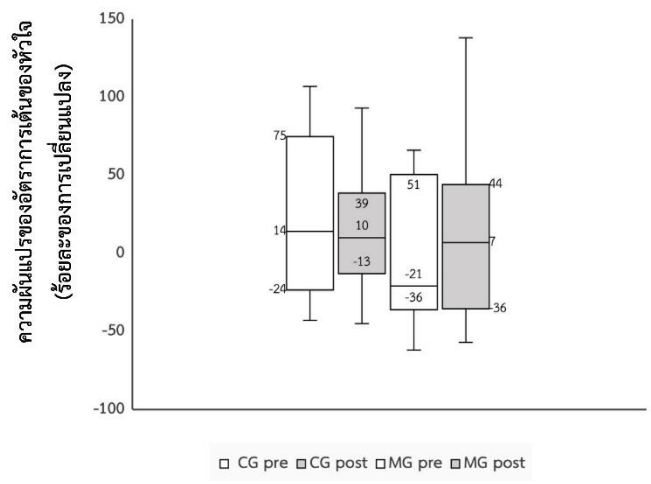
รูปที่ 126 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Psychomotor vigilance task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



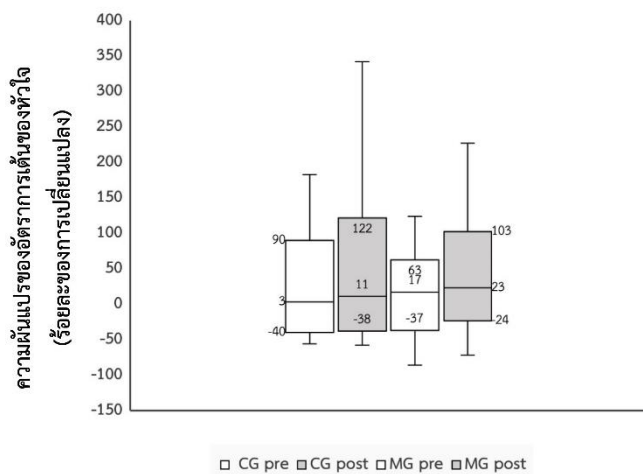
รูปที่ 127 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



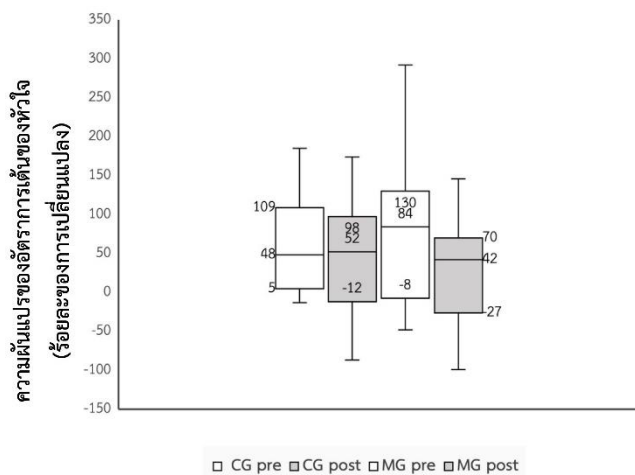
รูปที่ 128 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Mental rotation task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



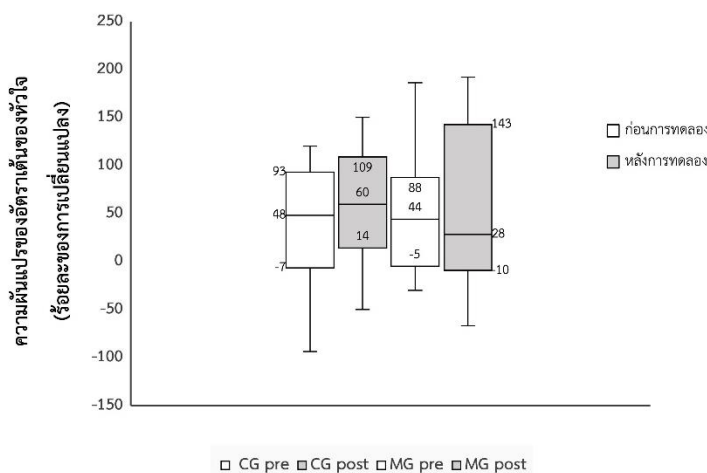
รูปที่ 129 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 130 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 1-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 131 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมิน High frequency activity ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 132 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบจากการประเมิน High frequency activity ในขณะทำการรู้คิด Tower of London ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากตารางที่ 41 รูปที่ 133 ถึง 143 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

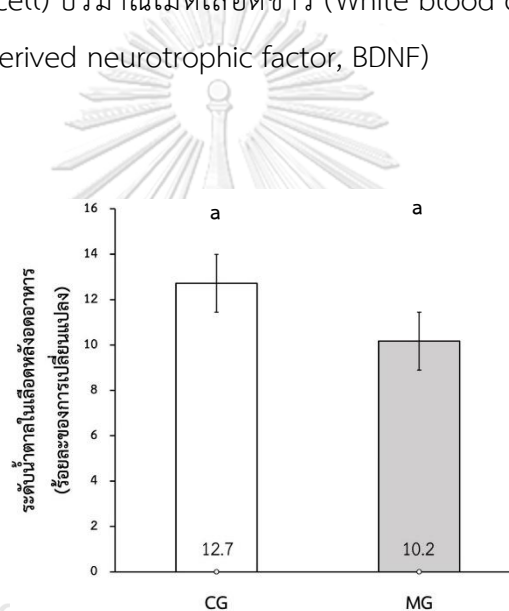
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดลอง 12 กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ไขมันไฮเดนซิตีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) มีค่าเพิ่มขึ้นและระดับไขมันไลเดนซิตีไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) มีค่าลดลง โดยที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) พบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor, BDNF) เพิ่มขึ้นและกลุ่มควบคุม (CG) มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ฮีมาโตคริต (Hematocrit) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

ตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด (Δ%)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกแบบ ผสมผสาน	Mixed ANOVA		Independent t-test		
			Time (p-value)	Group (p-value)	Group*Time (p-value)	t	p-value
น้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร	12.7±6.5 ^a	10.2±7.4 ^a	0.000	0.001	0.161	-0.960	0.346
ระดับไขมันในเลือด							
คอเลสเตอรอล	4.8±11.7	-0.2±13.1	0.139	0.456	0.494	-1.044	0.306
ไลโปโปรตีนชนิดดีเอชดีแอล	10.8±16.1 ^a	15.0±18.0 ^a	0.001	0.858	0.665	0.636	0.531
ไลโปโปรตีนชนิดดีเอชดีแอล	-7.6±8.9 ^a	-11.8±14.2 ^a	0.000	0.976	0.288	-0.93	0.361
ไตรกลีเซอไรด์	36.8±31.2 ^a	-7.7±28.2 [†]	0.066	0.598	0.038	-3.731	0.001
ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด							
เม็ดเลือดขาว	7.5±16.9	4.5±17.2	0.121	0.580	0.534	-0.452	0.655
เม็ดเลือดแดง	3.5±7.0	1.1±5.4	0.100	0.559	0.424	-1.003	0.326
ฮีโมโกลบิน	4.9±4.4 ^a	2.5±5.3	0.001	0.311	0.299	-1.275	0.214
ฮีมาโตคริต	5.4±5.9 ^a	2.2±7.1	0.007	0.042	0.236	-1.249	0.223
เกล็ดเลือด	-0.5±9.4	-5.1±13.9	0.925	0.682	0.199	-0.978	0.338
ซีรัมบีทีเอ็นเอ	3.2±6.7	8.9±9.1 ^a	0.001	0.004	0.121	1.761	0.092

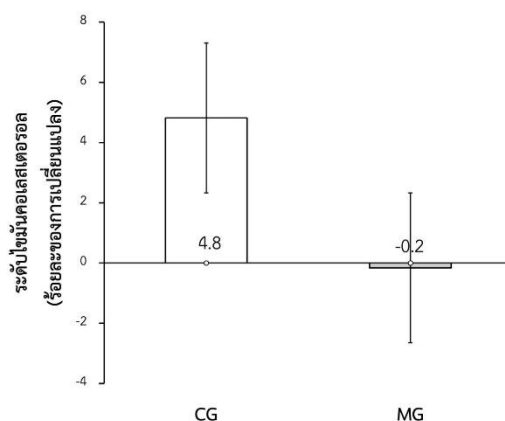
Δ% ร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์, F-test; สถิติความแปรปรวนแบบผสมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างก่อนและหลังการฝึก
t-test; สถิติพหุคูณการทดสอบค่าที่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน
p-value<0.017 แตกต่างจากการฝึกและระหว่างกลุ่มของ F-test, a p<0.05 pre vs training, † p<0.05 CG vs MG

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) มีค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ไขมันคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ไขมันไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ไขมันไฮเดนซิตีไลโปโปรตีน (High density lipoprotein) ไขมันโลเดนซิตีไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ฮีมาโตคริต (Hematocrit) ปริมาณเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) เกล็ดเลือด (Platelet) เซรั่มบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived neurotrophic factor, BDNF)

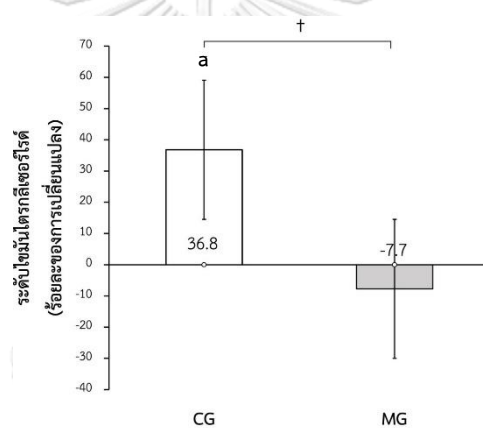


รูปที่ 133 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบิณกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



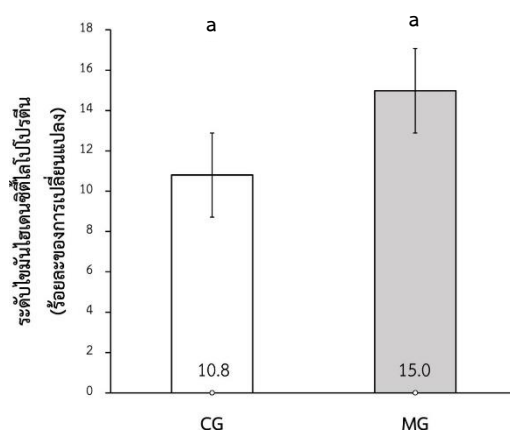
รูปที่ 134 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันคอเลสเตอรอล ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



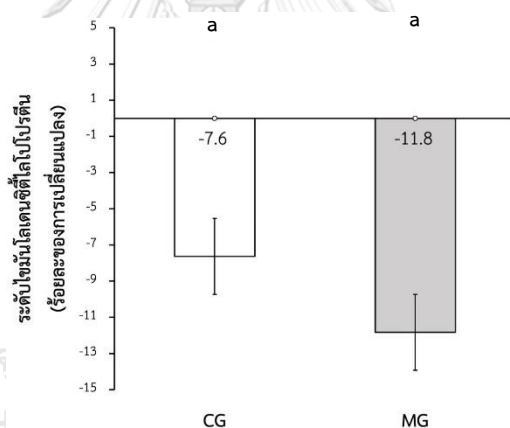
รูปที่ 135 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

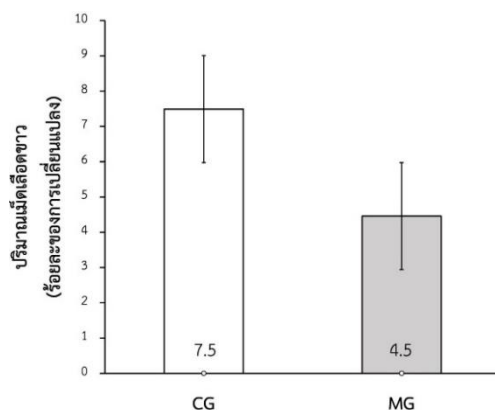
† $p < 0.05$ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (CG)



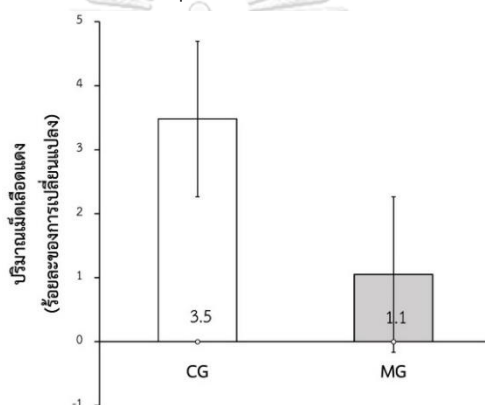
รูปที่ 136 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันไฮเดนซิติโลโปโปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
* $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



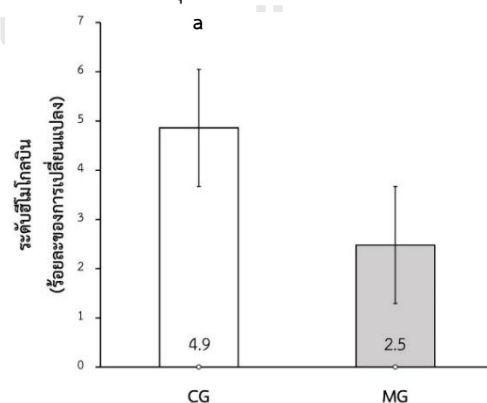
รูปที่ 137 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับไขมันโคเลสเตอรอลไฮเดนซิติโลโปโปรตีน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ 138 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสำเร็จของเม็ดเลือดจากปริมาณเม็ดเลือดขาว ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

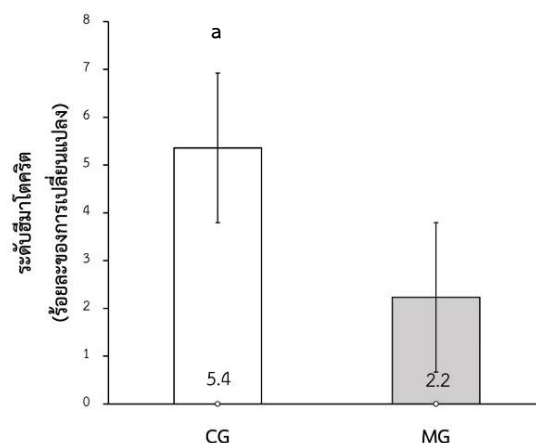


รูปที่ 139 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสำเร็จของเม็ดเลือดจากปริมาณเม็ดเลือดแดง ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

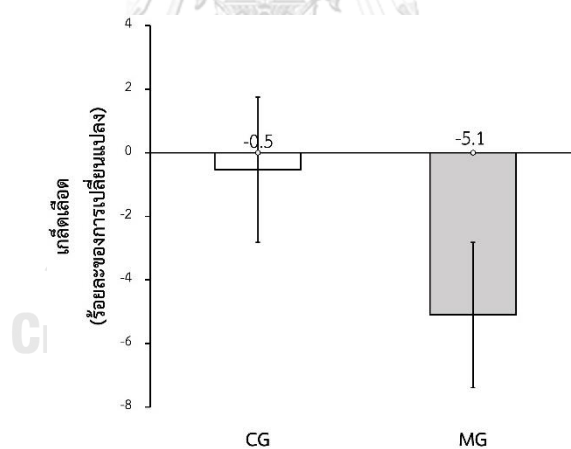


รูปที่ 140 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสำเร็จของเม็ดเลือดจากระดับฮีโมโกลบิน ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

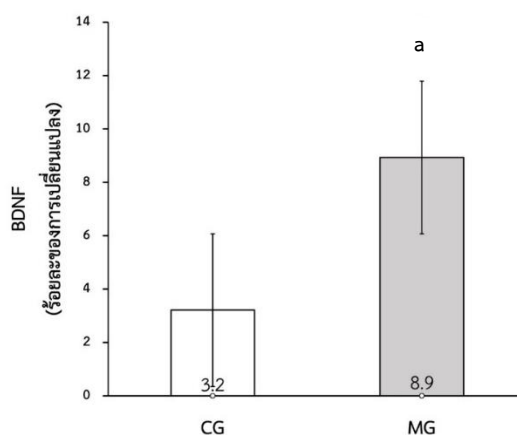
a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ 141 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากระดับซีมาโตคริต ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) $a p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

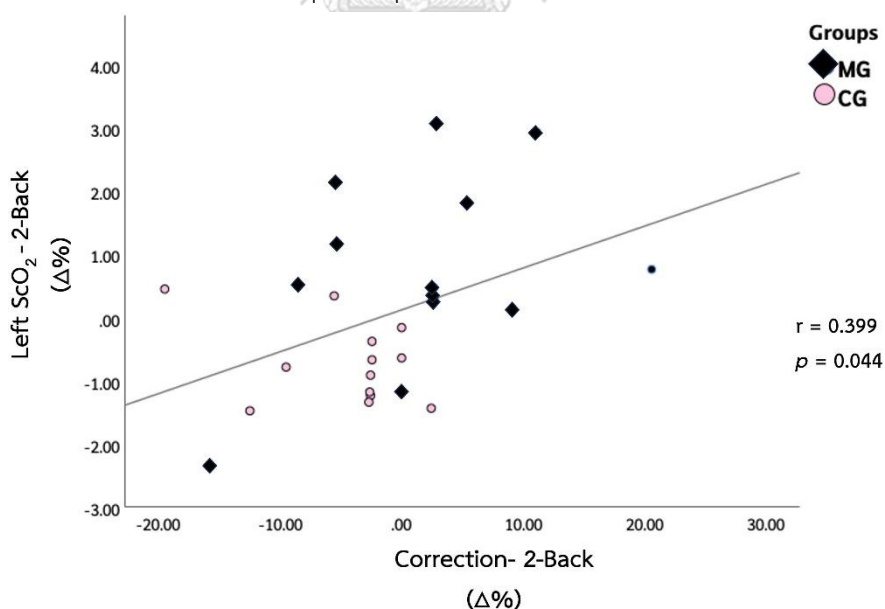


รูปที่ 142 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากเกล็ดเลือด ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



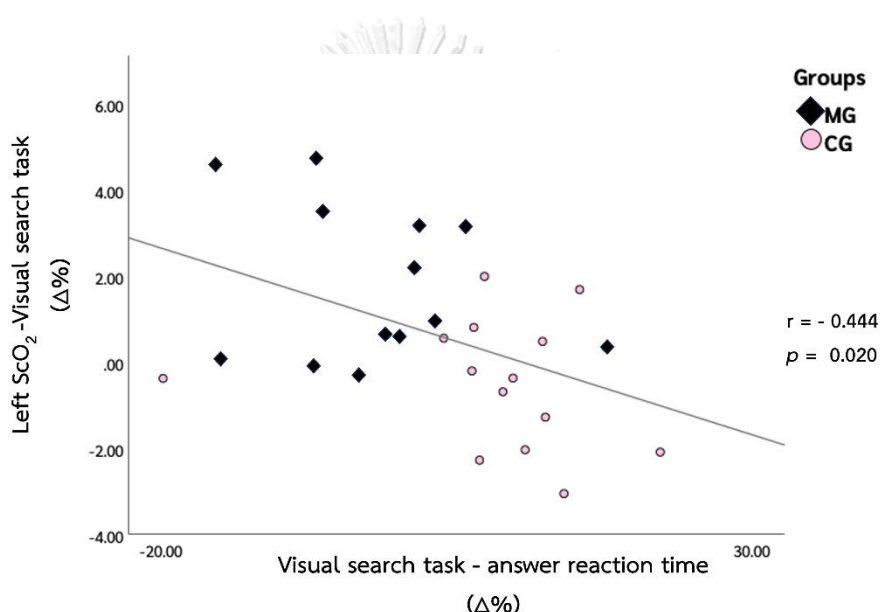
รูปที่ 143 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดของระดับสารชีวเคมีของสมอง ซีรัมบีตีเอ็นเอฟ ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ .oศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)
a $p < 0.05$ แตกต่างจากก่อนการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน

ตอนที่ 7 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การส่งพลังงานของสมองและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)



รูปที่ 144 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจากระดับความถูกต้อง (Correction) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG)

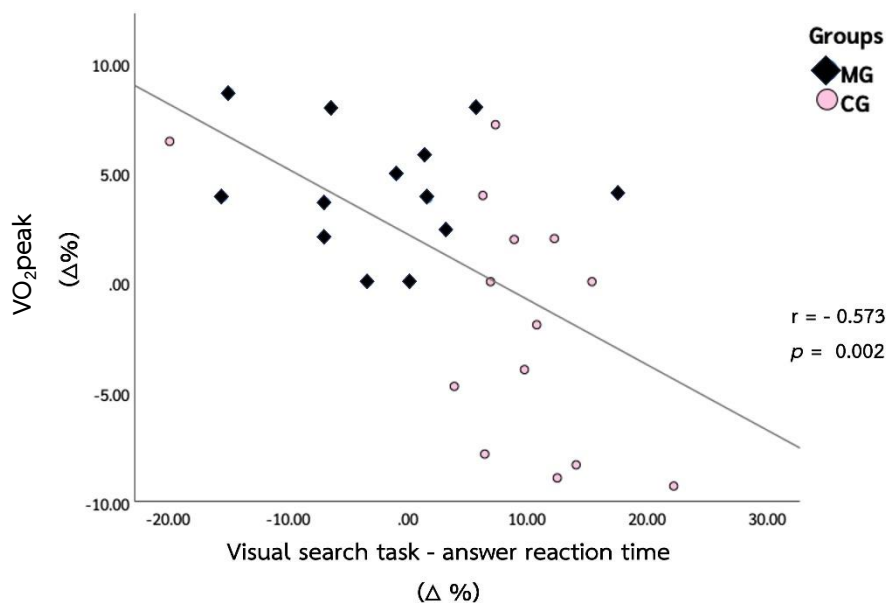
จากรูปที่ 144 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) และความถูกต้อง (Correction) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ .399 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในขณะที่ทำ 2-Back ในศิษย์การบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .044$) หมายถึง ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายเพิ่มขึ้นจะทำให้ความถูกต้อง (Correction) ในขณะที่ทำ 2-Back เพิ่มขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 145 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำตอบ (Answer reaction time) และความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG)

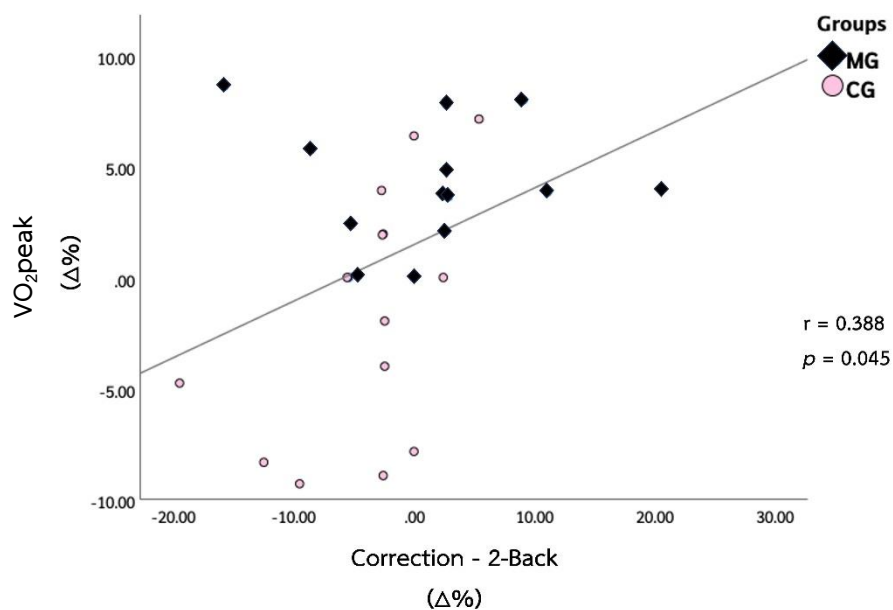
จากรูปที่ 145 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) และระยะเวลาตอบสนองการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ -.444 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task ในศิษย์การบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .020$) หมายถึง ระดับ

ความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายเพิ่มขึ้นจะทำให้ความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำ Visual search task ลดลง



รูปที่ 146 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำการรู้คิด Visual search task และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) ในศิษย์การบินกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากรูปที่ 146 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) และระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำการรู้คิด Visual search task พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ -0.573 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำการรู้คิด Visual search task ในศิษย์การบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ ($p = .002$) หมายถึง อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) เพิ่มขึ้นจะทำให้ระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำการรู้คิด Visual search task ลดลง

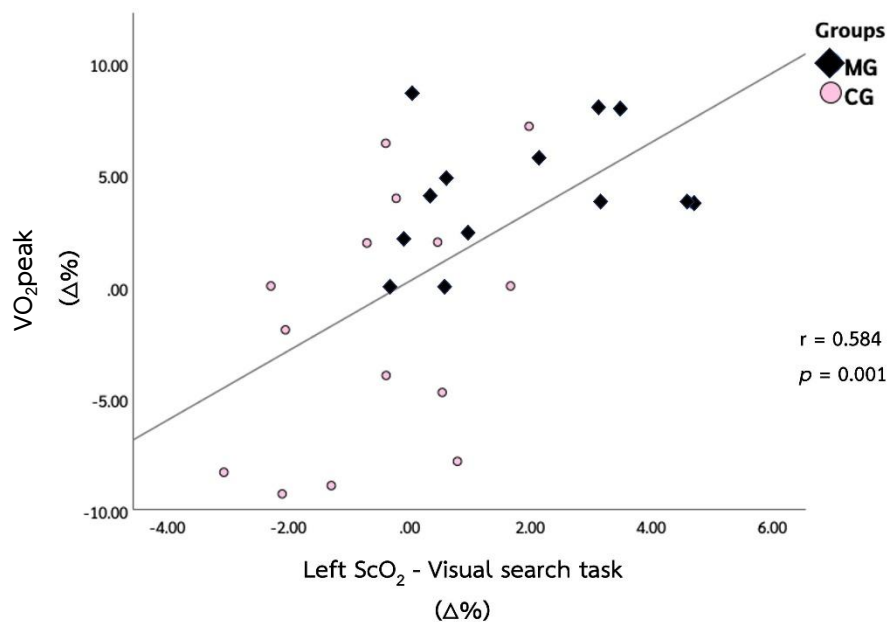


รูปที่ 147 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของระดับความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) ในศิษย์การบิน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

จากรูปที่ 147 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) และความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ .388 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำการรู้คิด 2-Back ในศิษย์การบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = .045$) หมายถึง ระดับระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) เพิ่มขึ้นจะทำให้ความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำ 2-Back เพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากรูปที่ 148 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) และระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำ Visual search task โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่าเท่ากับ .584 พบว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำ Visual search task ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .001$) หมายถึง ระดับระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับ

ความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำ Visual search task เพิ่มขึ้น
เช่นกัน



รูปที่ 148 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความ
เหนื่อยล้าของการรู้คิดของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำ
การรู้คิด Visual search task และระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) ในศิษย์การบินกลุ่ม
ฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยา ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและสารชีวเคมีในเลือดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย กลุ่มตัวอย่างเป็นศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 หรือ PC-9 อายุระหว่าง 24 ถึง 27 ปี จำนวน 29 คน ที่ผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์ ได้แก่ เป็นศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ทำการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ของกองทัพอากาศ อายุระหว่าง 22 – 28 ปี เป็นผู้ที่ถนัดด้านขวา เป็นผู้ที่สามารถประเมินการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงได้ ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามรุ่นที่เรียน ได้กลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจำนวน 14 คน มีผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัยจำนวน 2 คน จากกลุ่มควบคุม 1 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน 1 คน เนื่องจากสภาวะทางสุขภาพที่ทำให้ไม่สามารถเข้าทำการฝึกบินตามกำหนดของรุ่นที่เรียนได้ จึงทำให้เหลือผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสิ้น 27 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ทำการฝึกแบบปกติ (CG) จำนวน 14 คน และกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) จำนวน 13 คน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลง (Percent change) และนำมาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกออกกำลังกาย จำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ แบ่งการฝึกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน กลุ่มควบคุมทำการฝึกออกกำลังกายตามปกติที่โรงเรียนการบินระบุให้ศิษย์การบินออกกำลังกายเป็นประจำ ลักษณะการออกกำลังกายจะเป็นรูปแบบเดียวกับการทดสอบสมรรถภาพร่างกายของศิษย์การบิน ได้แก่ การวิ่ง การลุกนั่ง การดันพื้น โดยมีระยะเวลาการออกกำลังกายเฉลี่ยวันละประมาณ 60 นาที และมีระยะเวลารวมเฉลี่ยของการฝึก 12 สัปดาห์เท่ากับกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน ทำการฝึกด้วยรูปแบบการฝึก 2 แบบ มีระยะเวลาการออกกำลังกายเฉลี่ยวันละประมาณ 60 นาที แบบที่ 1 ทำการฝึกในวันจันทร์ พุธและศุกร์ เริ่มอบอุ่นร่างกายด้วยการฝึกการรู้คิดและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and Coordination training) เป็นระยะเวลา 20 นาที จากนั้นต่อด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High-intensity Interval Training; HIIT) กำหนดความหนักอยู่ที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; %HRmax) เป็นระยะเวลา 20 นาที จากนั้นทำการฝึก

ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) ใช้ระยะเวลา 10 นาที แบบที่ 2 จะทำการฝึกในวันอังคารและวันพฤหัสบดี เริ่มอบอุ่นร่างกายเป็นระยะเวลา 10 นาที ตามด้วยการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with Blood flow resistance training, RT-BFR) กำหนดแรงต้านที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, 1RM) ร่วมกับการฝึก RT-BFR ที่ระดับความดันร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล การฝึก RT-BFR จะทำท่าสลับกันระหว่างขาและแขน จำนวน 5 ท่า ใช้ระยะเวลา 24 นาที จากนั้นตามด้วยการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) ผ่อนคลายร่างกายด้วยการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) เป็นระยะเวลา 15 นาที

ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยาทั่วไป ตัวแปรสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพและตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างได้รับการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยวิธี Time Load Dual Back Task (TloadDBack) ที่เป็นการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยการทำงาน 2 ส่วน คือ ความจำขณะปฏิบัติการ (Working memory) และการงานตัดสินใจทางตัวเลขที่มีความหน่วงงานเท่ากัน (Parity number decision task) ที่จะทำให้เกิดการเรียกใช้งานพื้นที่ของสมองสำหรับการทำงานด้านการเรียนรู้และความจำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการใช้งานของสมองที่มีระยะเวลาจำกัดจะเพิ่มภาระงานของการรู้คิด (Cognitive workload) ที่ส่งผลทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Borragán et al., 2017) โดยก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดนั้น กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการบันทึกค่าตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัย ได้แก่ ระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด ความผันผวนของอัตราเต้นของหัวใจ และการส่งพลังงานของสมองจากระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองและการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมอง มิทเดิล เซเรบรอล อาร์เทอร์รี่ และการประเมินทางอัตวิสัย ได้แก่ ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด อารมณ์และภาระงาน

สรุปผลการวิจัย

ผลของกลุ่มการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านต่าง ๆ ในศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านสรีรวิทยาทั่วไป

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของอายุและความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก น้ำหนัก

ตัว ดั้งเดิมวกลาย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของกลุ่มการฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมทั้งก่อนและหลังการฝึกแบบผสมผสานและระหว่างกลุ่ม

2. ด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยวิธี Time Load Dual Back Task (TloadDBack) ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างพบระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ของการประเมินเชิงวัดฤวิสัยจากการทดสอบ Psychomotor vigilance task การประเมินเชิงอัตวิสัยของระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) และระดับภาระงาน (NASA-TLX) เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadDBack นั้นสามารถกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้

2.1) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัดฤวิสัยจากระดับการรู้คิด

การรู้คิดด้านสมาธิ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้านสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) ลดลง โดยมีระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ Psychomotor vigilance task หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีการรู้คิดด้านสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) เพิ่มขึ้น จากระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) ของการทดสอบ Visual search task ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์

การรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของการรู้คิดด้านด้านทักษะเชิงบริหาร

การรู้คิดด้านความจำขณะปฏิบัติการ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกแบบผสมผสานมีความจำขณะปฏิบัติการ ในขณะที่ทำการทดสอบ 2-Back เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าความถูกต้อง (Correction) ในขณะที่ทำการรู้คิด 2-Back เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการฝึกและมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงวัตถุวิสัยจากการส่งออกซิเจนไปสมองในขณะที่ทำการรู้คิดการไหลเวียนเลือดในสมอง

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Time average mean velocity) ความเร็วเฉลี่ยของการไหลเวียนในหลอดเลือดสูงสุด (Time average peak velocity) และความเร็วของการไหลเวียนของเลือดขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (Peak systolic velocity) ในขณะที่ทำการรู้คิด

ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง

หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดพบการเพิ่มขึ้นของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) และขวา (Right ScO₂) หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดใน Psychomotor vigilance task และ 2-Back ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ในขณะที่ทำการรู้คิด Time wall task 2-Back เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะที่ทำการรู้คิด Visual search task, Mental rotation task, Time wall task และ 2-Back เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวา (Right ScO₂)

2.3) ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของระดับความความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) ความกระปรี้กระเปร่า (Vigor) ความเหนื่อยล้า (Fatigue) จากแบบประเมิน BRUMS และระดับภาระงานจากการประเมิน NASA-TLX แต่หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadDback ทั้ง 2 กลุ่มพบระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด และระดับภาระงานจากการทดสอบ NASA-TLX เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกแบบผสมผสานพบการเพิ่มขึ้นของความเหนื่อยล้า (Fatigue) จากแบบประเมิน BRUMS หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

2.4) ความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของค่า Root mean square of successive differences ไม่พบ between normal heartbeats (rMSSD) ค่า Low frequency/High frequency ratio (LF/HF) ค่า Low frequency (LF) และ ค่า High Frequency (HF) ในขณะที่ทำการรู้คิด

3. ด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ

3.1) องค์ประกอบของร่างกาย

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกแบบผสมผสานมีร้อยละไขมันในร่างกายที่ลดลงและร้อยละกล้ามเนื้อในร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายระหว่างกลุ่ม

3.2) ความยืดหยุ่นของร่างกาย

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความยืดหยุ่นของร่างกายจากการทดสอบนั่งงอตัวไปข้างหน้าและองศาการเคลื่อนไหวของหลังในทิศทาง lateral flexion to right เพิ่มขึ้น และกลุ่มควบคุมมีความยืดหยุ่นของร่างกายลดลงจากการทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของหลังจากการทดสอบ Thoracolumbo-pelvic extension อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้นจากการทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของหลังในทิศทาง Thoracolumbo-pelvic extension และlateral flexion to right มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา แรงแบบบีบมือขวาและแรงแบบบีบมือซ้ายเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

3.4) ความอดทนของกล้ามเนื้อ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความอดทนของกล้ามเนื้อจากการทดสอบการลุกนั่งและการดันพื้นเพิ่มขึ้น โดยที่ความอดทนของกล้ามเนื้อจากการทดสอบการลุกนั่งและการดันพื้นเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.5) สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีสมรรถภาพปอดจากการทดสอบ Forced vital capacity (FVC) และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า Force expiratory volume in one second (FEV1) และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมและมีค่า FEV1/FVC ลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. สารชีวเคมีในเลือด

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ระดับไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (High density lipoprotein) ซีรัมบีทีเอ็นเอฟ (Brain- derived Neurotrophic Factor; BDNF) เพิ่มมากขึ้นและมี

ระดับไลเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (Low density lipoprotein) ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่กลุ่มควบคุมมีระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb) ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) เพิ่มขึ้นภายในกลุ่ม ซึ่งมีระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความสัมพันธ์ของร้อยละการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

5.1) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำ 2-Back อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

5.2) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำ Visual search task ในศิษย์การบิณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

5.3) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง (Correction) ในขณะทำ 2-Back ในศิษย์การบิณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

5.4) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาตอบสนองการตอบคำถาม (Answer reaction time) ในขณะทำ Visual search task ในศิษย์การบิณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.5) ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂peak) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย (Left ScO₂) ในขณะทำ Visual search task ในศิษย์การบิณ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลวิจัย

1. ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data)

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม พบว่ามีความแตกต่างของอายุระหว่าง 2 กลุ่ม เนื่องจากผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามรุ่นที่เรียนของศิษย์การบิณเนื่องจากข้อจำกัดในความเท่าเทียมของศิษย์การบิณในรุ่นเดียวกัน จึงไม่สามารถทำการสุ่มตัวอย่างแบบมีกลุ่มควบคุมได้ จึงทำให้อายุของศิษย์การบิณมีความต่างกันอย่างน้อย 1 ปี เนื่องจากการรับเข้า

เรียนของศิษย์การบินจะกำหนดรุ่นและอายุ ซึ่งกลุ่ม 149 และ 150 นั้นมีระดับการเรียนรู้ที่ห่างกันอย่างน้อย 1 ปีการศึกษา จึงทำให้เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอายุของทั้ง 2 กลุ่ม จึงพบความแตกต่างของอายุได้ นอกจากนี้ความต่างของส่วนสูงที่พบระหว่าง 2 กลุ่มน่าจะเกิดจากพันธุกรรมและการบริโภคอาหาร แต่อย่างไรเมื่อประเมินด้วยดัชนีมวลกาย พบว่าทั้ง 2 กลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกัน

หลังการฝึก 12 สัปดาห์พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตในขณะหัวใจคลายตัว แม้ว่าการฝึกแบบผสมผสานของการศึกษานี้มีการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training, HIIT) ซึ่งการฝึก HIIT เป็นการออกกำลังกายที่มีลักษณะที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบกับกลุ่มที่ไม่ออกกำลังกายหรือออกกำลังกายระดับปานกลาง (Sultana et al., 2019) แต่การฝึกแบบผสมผสานของการศึกษานี้ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราหัวใจเต้นขณะพักและความดันโลหิตระหว่างกลุ่ม คาดว่าเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้มีการออกกำลังกายเป็นประจำจากการฝึกออกกำลังกายแบบปกติของโรงเรียนการบิน และกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วงอายุวัยทำงานที่ยังไม่เกิดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด จึงมีอัตราหัวใจเต้นขณะพักอยู่ในภาวะปกติ ดังนั้นการออกกำลังกายแบบผสมผสานจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตในขณะหัวใจคลายตัว โปรแกรม

2. ผลของการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย ความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยและการส่งออกซิเจนไปสมอง

งานวิจัยนี้พบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) จากการทดสอบ Psychomotor vigilance task (PVT) และระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) หลังกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย Time load Dual Back Task (TloadDback) ซึ่งแสดงถึงการลดความตื่นตัวและการลดลงของการรู้คิดด้านสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) (Basner et al., 2011) การเพิ่มความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย (Subjective measures) และการลดลงของสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้นเป็นลักษณะการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Gui et al., 2015; Guo et al., 2016; Anguis et al., 2022) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์จากระดับความกระปรี้กระเปร่าจากการศึกษาก่อนหน้า นำ TloadDback กระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในบุคคลวัยทำงาน วัยหนุ่มสาว (Borrigan et al., 2016; O’Keeffe et al., 2020; Jacquet et al., 2021; Salomone et al., 2021) แต่ยังไม่เคยมีการนำ TloadDback กระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในนักบินมาก่อน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของการศึกษานี้ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าในนักบินหลังจากการปฏิบัติภารกิจ ที่พบระยะเวลาตอบสนองเพิ่มขึ้น

และลดความแม่นยำของมือและเท้าในการทดสอบ PVT ซึ่งแสดงความเหนื่อยล้าและความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (McMahon and Newman, 2018; Quental et al., 2021) นอกจากนี้การศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการจำลองสถานการณ์การบินในเครื่องบินเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่พบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการตอบสนองจากการทดสอบ PVT ที่เป็นการทดสอบเกี่ยวกับการศึกษานี้ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 7 (Rosa et al., 2021) ดังนั้น TloadDback น่าจะเป็นเครื่องมือที่จะสามารถนำมาใช้กระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเพื่อใช้ในการประเมินสมาธิและความตื่นตัวในกลุ่มนักบินได้ ซึ่ง TloadDback เป็นการทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายน้อยเมื่อเทียบกับการจำลองสถานการณ์การบิน โดยที่ผลงานวิจัยของห้องปฏิบัติการที่นำการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดไปใช้ในนักบินของผู้วิจัยนั้นได้รับการตีพิมพ์เรียบร้อยแล้ว (Leelartapin et al., 2023)

งานวิจัยนี้ประเมินตัวแปรด้านความเหนื่อยล้าของการรู้คิด จากค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างก่อนและหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดตามทักษะของการรู้คิดด้านต่างๆ โดยจะประเมินการรู้คิดด้านสมาธิ (Attention) ด้วยการทดสอบ Psychomotor vigilance task และ Visual search task ประเมินด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) ด้วยการทดสอบ Mental rotation task ประเมินด้านการบริหารจัดการ (Executive function) ด้วยการทดสอบ Time wall task และ Tower of London task และประเมินความจำปฏิบัติการ (working memory) ด้วยการทดสอบ 1-Back และ 2-Back นอกจากนี้ยังไม่มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

2.1 การรู้คิดด้านสมาธิ (Attention)

การทดสอบ Psychomotor vigilance task เป็นการทดสอบการรู้คิดด้านสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) และการทดสอบ Visual search task เป็นการทดสอบการรู้คิดสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) ก่อนการฝึกออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ พบว่าทั้งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ PVT และระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองนั้นบ่งบอกถึงการลดความตื่นตัวที่แสดงถึงการลดของการรู้คิดด้านสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Sustained attention) (Basner et al., 2011). ซึ่งการเพิ่มความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย (Subjective measures) จากระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ความเหนื่อยล้าจากการประเมินด้านอารมณ์ การรับรู้ภาระงานสูงและการลดลงของสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้นเป็นลักษณะการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Gui et al., 2015; Guo et al., 2016; Anguis et al., 2022) การเพิ่มของระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ PVT เนื่องจากอาการแสดงของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะแสดงออกมาในการรู้คิดแบบง่าย

(Low-order task) ที่เป็นการรู้คิดที่ไม่ซับซ้อน ทำให้มีระยะเวลาตอบสนองมากขึ้นโดยไม่ลดระดับการเตรียมตัวของกล้ามเนื้อ (Advanced motor preparation) (Peters et al., 2021) ร่วมกับการทำงานของ Default mode network (DMN) ในสมองที่ลดลง ซึ่ง DMN จะพบการถูกกระตุ้นในขณะที่พักและลดลงในขณะที่ทำการรู้คิดแบบมุ่งเป้าหมาย (Goal-directed cognitive task) ที่เป็นรู้คิดด้านสมมติแบบ Top-down การพบการลดลงของ DMN จะทำให้การรู้คิดแบบมุ่งเป้าหมายลดลงแต่จะใช้การกระตุ้นจากภายนอก (Stimulus driven) ที่เป็นรู้คิดด้านสมมติแบบ Bottom-up แทน จึงทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองของการทดสอบ PVT (Boksem et al., 2005; Gui et al., 2015; Hu and Lodewijks, 2020) นอกจากนี้การกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดยังส่งผลให้เกิด Neuron suppression ที่ทำให้การส่งกระแสประสาทลดลงเนื่องจากที่เซลล์ประสาทถูกกระตุ้นซ้ำๆ ทำให้สมรรถภาพการทำงานลดลงและแสดงให้เห็นจากระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มขึ้น (Li et al. 2009) การศึกษานี้ก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ยังพบลดลงของระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) และการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ของการรู้คิดด้านสมมติแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Selective attention) ในทั้ง 2 กลุ่ม เนื่องจากเมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะลดความสามารถในการในการระบับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ทำให้ระบบประมวลผลและจำกัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ยากมากขึ้น (Faber et al., 2012; Slimani et al., 2018) ทำให้ลดการรู้คิดแบบมุ่งเป้าหมายแต่จะใช้การกระตุ้นจากภายนอก (Stimulus driven) ที่เป็นรู้คิดด้านสมมติแบบ Bottom-up ที่เป็นการตอบสนองจากสิ่งเร้าภายนอกแทน

หลังฝึก 12 สัปดาห์แม้ว่าจะเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ที่พบได้จากการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ PVT ในทั้ง 2 กลุ่ม แต่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานกลับไม่ได้รับผลกระทบต่อการรู้คิดด้านสมมติแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จึงทำให้หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดพบการลดลงของระยะเวลาตอบสนองเมื่อพบเป้าหมาย (Target detection reaction time) และระยะเวลาการตอบคำตอบ (Answer reaction time) ผู้วิจัยคาดว่าผลกระทบจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานเป็นผลมาจาก การฝึกการรู้คิด ร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การฝึก HIIT การเพิ่มขึ้นของ VO₂peak และ BDNF การศึกษานี้ทำการฝึกความจำในการจำแนกสิ่งทีคล้ายกันด้วยการฝึกจับคู่ของที่เหมือนกัน (Matching pairs) สลับกับการฝึกความจำแบบบริหาร (Executive function) ด้วยการฝึก Color Stroop task ที่เป็นการฝึกที่พัฒนาการรู้คิดด้านความจำและสมมติ (Jalalvandi et al., 2020) การฝึกการรู้คิด ร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวของการศึกษานี้จะทำสลับกันระหว่างการฝึกการรู้คิด และการฝึกการเคลื่อนไหว กลุ่มฝึกผสมผสานจะต้องการฝึกการรู้คิดด้วยการจับคู่ของที่เหมือนกัน

(Matching pair game) พร้อมกับจำตำแหน่งและคู่ของที่เหมือนกันเป็นระยะเวลา 20 วินาที ในขณะที่สลับไปทำการฝึกเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลา 20 วินาที จนครบ 4 นาที ซึ่งจะทำให้กลุ่มฝึกผสมผสานต้องทำการจำข้อมูลในช่วงสั้นๆ และเพิ่มสมาธิเพื่อป้องกันการถูกดึงความสนใจออกจากข้อมูลในขณะที่ฝึกการเคลื่อนไหวตลอดการฝึกในแต่ละช่วง การฝึกการค้นหาด้วยสายตา (Visual search) จะเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นหาทำให้สามารถหาเป้าหมายได้เร็วขึ้นและถูกต้องมากขึ้น โดยที่การลดลงของระยะเวลาตอบสนองจะเป็นการลดลงของเวลาที่มองจดจ่อกับวัตถุแต่ไม่ได้ลดระยะเวลาประมวลผลข้อมูล (Zhang et al., 2022)

การฝึกการรู้คิดแบบจับคู่ของที่เหมือนกันยังส่งเสริมการทำงานของ Visual processing pathway ซึ่ง Ventral pathway จะทำการรับรู้วัตถุที่มองเห็น (Object recognition) และ Dorsal pathway จะทำการรับรู้ตำแหน่ง (Spatial location) ร่วมกับการเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิที่จะต้องจดจ่อกับข้อมูลที่ถูกรบกวน (McAfoose and Baune, 2009) ร่วมกับความพยายามและความตั้งใจในการทดสอบ ที่จะพบการปล่อย Acetylcholine ในสมองส่วน Prefrontal เพิ่มมากขึ้นหลังจากต้องเผชิญกับความท้าทายที่จะต่อสู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งเป็นผลมาจากการกระตุ้นระบบของ Anterior attention system ที่เป็นการเพิ่มการทำงานแบบ Top-down จึงส่งผลต่อการเพิ่มกระบวนการรับรู้ความรู้สึกร่วมกับการเพิ่มความสามารถของการรู้คิดแบบการเลือกที่ใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Sarter et al., 2006; Park et al., 2021) ซึ่งการเพิ่มความจำแบบจำแนกของที่เหมือนกันจะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของการรู้คิดสมาธิแบบเลือกที่ใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งร่วมกับความจำระยะสั้น ที่ทำให้สามารถจำแนกของที่แตกต่างกันได้อย่างรวดเร็ว การค้นหาเป้าหมายแบบที่ต้องทำการเลือกเป้าหมายจะกระตุ้นความจำที่จะต้องจำแนกสิ่งที่คล้ายกัน และผู้ทดสอบจะต้องมีการรู้คิดสมาธิแบบการเลือกที่ใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เพียงพอจะจำแนกพร้อมกับการทำความเข้าใจในสมองไปพร้อมกัน (Hamblin-Frohm and Becker, 2023) นอกจากนี้การฝึก Color Stroop ยังส่งผลต่อการรู้คิดด้านสมาธิ จากการส่งเสริมให้เกิดการควบคุมตนเองให้สามารถคงความจำปฏิบัติการณ์ให้สามารถจดจ่อและดำเนินการกับข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกับการเพิ่มการควบคุมสิ่งแทรกแซง (McCabe et al., 2010; Diamond, 2013)

การฝึกการรู้คิดร่วมกับการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้คิดมากกว่าการนั่งฝึกการรู้คิด โดยที่สมองส่วน Frontal lobe ได้รับการกระตุ้นเพิ่มขึ้นในขณะเดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการควบคุมการยับยั้งของสมองที่ทำให้มีสมรรถภาพของการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ดีขึ้น (Patelaki et al., 2023) การฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวจะเป็นการกระตุ้นสมองส่วน Sensory cortex และ Motor cortex ไปพร้อมๆกัน เมื่อสมองรับการรับรู้ภาพหรือแสงที่กระตุ้นจากสีของ BlazePod จะกระตุ้น Dorsal stream ในส่วน parietal lobe และกระตุ้น Ventral stream จากการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุ ในสมองส่วน Temporal gyrus ร่วมกับการที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว

ที่มีการส่งสัญญาณระหว่างสมองส่วน Sensory และ Motor cortex โดยพบว่าการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวจะเพิ่มความเร็วในการซินแนปส์ระหว่างกันของเซลล์ประสาท ที่ประสานความสัมพันธ์จากการเคลื่อนไหวที่ตั้งใจ (Voluntary control) ในส่วนของ Thalamus ที่เชื่อมต่อกับ Motor cortex โดยเป็นการเชื่อมต่อการส่งสัญญาณใน Frontal lobe ระหว่าง Prefrontal และ Premoter cortex (Perrey, 2013; Fine and Hayden, 2022) นอกจากนี้การฝึกการรู้คิดและการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวยังสามารถเพิ่ม BDNF โดยพบว่าการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวโดยการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของมือ ตาและการฝึกการรู้คิดนั้นสามารถเพิ่มระดับ BDNF ได้ (Damirchi et al., 2018; Gregoire et al., 2019) ซึ่งจะทำให้สมองมีการนำเข้าสู่สารอาหารได้เพิ่มมากขึ้นร่วมกับการเพิ่มการซินแนปส์ระหว่างเซลล์ให้สามารถเพิ่มความสามารถของการรู้คิดในขณะที่ทำการฝึกได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการฝึกร่วมกันของการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวและการฝึกการรู้คิด ดังนั้นผู้วิจัยคาดว่า การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหวจะเป็นปัจจัยที่ลดผลกระทบจากการความเหนื่อยล้าของการรู้คิดต่อการรู้คิดด้านสมาธิ ทำให้การรู้คิดสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพิ่มขึ้นหลังจากการฝึกแบบผสมผสานเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

การฝึก HIIT ที่ความหนักสูงนั้นสามารถเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิและความทรงจำได้ (Martinez-Diaz et al., 2020, Wilke et al 2020) โดยพบว่าการออกกำลังกายแบบ HIIT ที่ความหนักร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดนั้นสามารถเพิ่มปริมาณ BDNF ได้มากกว่าการฝึกที่ความหนักสูงเพียงอย่างเดียว ซึ่งการฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกการรู้คิดจะสามารถเพิ่มระดับการรู้คิดและ BDNF ได้มากกว่าการฝึกออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว จากการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ทำการฝึกการรู้คิดด้วยการจับคู่ของที่เหมือนกัน (Matching pair game) ในอาสาสมัครวัยหนุ่มสาว ซึ่งทำการฝึก HIIT และการฝึกการรู้คิดที่มีความหนักและปริมาณการฝึกลักษณะใกล้เคียงกับการศึกษานี้ โดยทำการฝึก HIIT ด้วยจักรยานที่ความหนักร้อยละ 90-95 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดเป็นระยะเวลา 60 วินาที สลับกับการปั่นจักรยานที่ความหนักร้อยละ 30 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดเป็นระยะเวลา 60 วินาที จำนวน 10 ชุด จำนวน 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ฝึก HIIT และกลุ่มฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกความจำ มีความสามารถของความจำแบบ High-interference (ความจำในการจำแนกสิ่งที่คล้ายกัน) เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการออกกำลังกาย ซึ่งอาสาสมัครกลุ่มฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกความจำที่มีการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\max$ มาก (หลังฝึกมีการเพิ่มมากกว่า 4.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) จะมีความสามารถของความจำแบบ High-interference เพิ่มขึ้นร่วมกับการเพิ่มขึ้นของ BDNF มากกว่ากลุ่มที่ฝึก HIIT เพียงอย่างเดียว (Heisz et al., 2017) นอกจากนี้การฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกการรู้คิดในอาสาสมัครวัยหนุ่มสาวที่มีความหนักของการฝึกที่ร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดเช่นเดียวกับการศึกษานี้ ร่วมกับการฝึกการรู้คิดที่เป็นการฝึกการรู้คิดด้านสมาธิจากการติดตามวัตถุแบบ 3 มิติ

ในขณะที่ออกกำลังกาย จำนวนสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกการรู้คิด มีการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ และเพิ่มประสิทธิภาพของความเร็วในการติดตามวัตถุ ซึ่งแสดงถึงการเพิ่มความสามารถของการรู้คิดแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการซึ่งเป็นการรู้คิดแบบ High-order เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึก HIIT เพียงอย่างเดียวหรือกลุ่มควบคุมที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของการรู้คิด (Park et al., 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานพบการเพิ่มขึ้นของระดับ $VO_2\text{peak}$ และระดับ BDNF โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับ $VO_2\text{peak}$ มากกว่ากลุ่มควบคุม จึงคาดว่าส่งผลให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีการลดผลกระทบต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้านสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งในขณะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม

นอกจากนี้การลดผลการทบทวนการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของกลุ่มฝึกแบบผสมผสานคาดว่า เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การเพิ่มของ $VO_{2\text{max}}$ หลังการฝึกออกกำลังกายนั้นสัมพันธ์กับเพิ่มปริมาตรของสมองส่วนเดนเตดไจรัส (Dentate gyrus) ของสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และจดจำของสมอง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสมองส่วนนี้นั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มความถูกต้องของการรู้คิดที่ต้องใช้ทักษะในการแยกความแตกต่างสูง (Nauer et al., 2020) การเพิ่มของ $VO_{2\text{max}}$ นั้นยังส่งผลต่อการเพิ่มการติดต่อประสานงานของการทำงานในสมอง สมรรถนะของการรู้คิดแบบบริหาร การรู้คิดด้านสมาธิ การรู้คิดด้านความจำและความเร็วในการประมวลผลข้อมูล (Smith et al., 2010; Voss et al., 2010) การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจากการทำการรู้คิดเป็นระยะเวลานานได้ (Fard et al., 2019) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบการเพิ่มขึ้นของ Oxyhemoglobin ในบริเวณ Prefrontal cortex ในกลุ่มที่มีระดับสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจสูงมากกว่ากลุ่มที่มีระดับสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจต่ำ (Salzman et al., 2022) เนื่องจากการเพิ่มสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจจะส่งผลให้ออกซิเจนในสมองด้านขวาบริเวณ Inferior frontal gyrus เพิ่มขึ้น ซึ่งสมองส่วนนี้ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยับยั้งการควบคุมความสนใจสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ส่งผลต่อการเพิ่มการควบคุมการรู้คิดแบบสมาธิ (Pellegrini-Laplagne et al., 2022) ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของ Oxyhemoglobin ในบริเวณ Prefrontal cortex ของการศึกษานี้คาดว่า เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับ $VO_2\text{peak}$ ที่ส่งผลให้กลุ่มการฝึกแบบผสมผสานมีระยะเวลาการตอบสนองที่เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ $VO_2\text{peak}$ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้าย ($r=0.0584$, $p=0.001$) การเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายนั้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองในการตอบคำถาม ($r=-0.444$, $p=0.02$) และการเปลี่ยนแปลงของ $VO_2\text{peak}$ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองในการตอบ

คำตอบ ($r = -0.573$, $p = 0.002$) ซึ่งในการศึกษานี้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านขวาหลังการฝึก 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.28 ± 2.1 ดังนั้นผลที่ส่งมาจากการฝึก HIIT และการฝึกการรู้คิดรวมกับการฝึกการเคลื่อนไหว จึงทำให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานลดผลกระทบจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ทำให้มีระยะเวลาตอบสนองเร็วขึ้นแต่ไม่พบในกลุ่มควบคุม ดังนั้นโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่ส่งเสริมการรู้คิดด้านสมาธิและการรู้คิดด้านความจำน่าจะสามารถช่วยป้องกันการลดลงของการรู้คิดในขณะที่ทำการบินที่มีระดับภาระงานสูง และสามารถเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการได้

จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่าการทำกิจกรรมที่ใช้เวลาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (time on task) อย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนอง ซึ่งการทำงานที่ผิดพลาดของการรู้คิดและการตอบสนองที่ช้าลงนั้นสัมพันธ์กับการลดลงของการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองบริเวณ Anterior cingulate cortex Middle frontal gyrus และ Inferior parietal ซึ่งเป็นสมองส่วน Fronto-parietal network ที่มีบทบาทสำคัญในการรู้คิดด้านสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและทำหน้าที่ประสานระหว่างการรู้คิด ลักษณะทางอารมณ์และการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยที่ความสามารถในการรักษาประสิทธิภาพของการรู้คิดนั้นขึ้นกับความเสถียรของระบบการรู้คิดแบบสมาธิของแต่ละคน (Lim, N. et al., 2010; Japee et al., 2015; Müller and Apps, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่ก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ที่พบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองจากทดสอบ PVT และ Visual search task และมีแนวโน้มการลดลงจากทดสอบความเร็วเฉลี่ยของหลอดเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง มิเดิล เซเรบรอล อาร์เทอรี (Middle cerebral artery blood flow velocity; MCBV) ซึ่งการลดลงของ MCBV นั้นแสดงถึงการลดลงของปริมาณออกซิเจนที่ส่งไปที่สมองนั้นลดลง (Wang et al., 2011) และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

การศึกษาก่อนหน้าที่พบการลดลงของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายหลังการขับรถติดต่อกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (Li et al., 2009) โดยพบระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ PVT เพิ่มขึ้นร้อยละ 16 ร่วมกับพบการลดลงของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายร้อยละ 6.94 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองเนื่องจากในภาวะเหนื่อยล้า MCBV จะลดลงและส่งผลให้เนื้อเยื่อของสมองมีความต้องการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองที่ลดลงในขณะที่กิจกรรมมาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งแตกต่างกับการศึกษานี้ที่มีแนวโน้มพบการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในขณะที่มีการลดลงของ MCBV โดยที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานพบการลดลงของ MCBV แต่มีการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองแต่ยังสามารถรักษาระดับการรู้คิดจากการลดลงของระยะเวลาตอบสนองหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในขณะที่ทำการทดสอบ Visual search task การเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองคาดว่าเกิดจากสมรรถภาพของ

ระบบหัวใจและหายใจเนื่องจากกลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ และพบว่าการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ นั้นมีความสัมพันธ์กับระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองข้างซ้าย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Albinet et al. (2014) ที่พบว่าคนที่มึ่ระดับ $VO_{2\text{max}}$ ที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลให้มีระดับความอึดตัวของออกซิเจนที่มากกว่าและสามารถรักษาประสิทธิภาพของการรู้คิดได้ดีกว่าคนที่มึ่ระดับ $VO_{2\text{max}}$ ที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตามจากการศึกษาท่อนหน้าของ Funke et al. (2010) พบการลดลงของประสิทธิภาพการค้นหาเครื่องบินของเจ้าหน้าที่ควบคุมจราจรทางอากาศ (Air Traffic Controller) หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้า พบระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองเพิ่มขึ้น การลดลงของความตื่นตัวหรือการรู้คิดสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้นสัมพันธ์กับการลดลงของ MCBV ในสมองด้านซ้าย แต่การที่ระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองมีการเพิ่มขึ้นในขณะที่มีการลดลงของ MCBV แต่ยังสามารถรักษาระดับการรู้คิดได้ คาดว่าเกิดจากความพยายามต่อสู้กับความเหนื่อยล้าที่เกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของสมองที่ทำให้ Oxyhemoglobin เพิ่มขึ้น (Chuang et al., 2018) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองในสมองข้างซ้ายนั้นสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาตอบสนองในการตอบคำตอบ ซึ่งแสดงได้ว่าความพยายามที่จะต่อสู้นั้นสามารถลดระยะเวลาตอบสนองของการรู้คิดด้านสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แต่ไม่สามารถเพิ่มระยะเวลาการตอบสนองจากการทดสอบการรู้คิดด้านสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งได้ จึงส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองของการทดสอบ PVT ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกแบบผสมผสาน

2.2 การรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial orientation) และด้านทักษะเชิงบริหาร (Executive function)

การทดสอบ Mental rotation task เป็นการทดสอบการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ การทดสอบ Time wall rotation และ Tower of London เป็นการทดสอบการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของทั้งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่มีต่อการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์และการรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหารจากการทดสอบ แม้ว่าจะเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่สามารถพบได้จากระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มมากขึ้นจากการทดสอบ PVT และความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยที่เพิ่มมากขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม จากการศึกษาก่อนหน้านี้การกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadBack จะพบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองของการทดสอบ PVT (Borrigan et al., 2016) และลดระดับความสามารถในการรักษาสมรรถนะของความถูกต้องของการทดสอบ TloadBack (O'Keeffe et al., 2020) การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองของการเคลื่อนไหว (Jacquet et al., 2021) และการเพิ่มขึ้นของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัย (Borrigan et al., 2016; O'Keeffe et al., 2020; Jacquet et al., 2021) แต่ยังไม่ได้ทำการเปรียบเทียบการรู้คิด

ระดับสูง (High-order) การไม่เปลี่ยนแปลงของการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์ การรู้คิดด้านทักษะเชิงบริหาร ในการศึกษา คาดว่าเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาการกระตุ้น ระดับความสามารถการรู้คิดของผู้เข้าร่วมวิจัย ระยะเวลาการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ไม่เพียงพอ ก็อาจจะไม่ส่งผลกระทบต่อการรู้คิดในระดับสูง (high-order) ได้ การศึกษาก่อนหน้าที่ใช้การรู้คิดระดับสูงสำหรับการทดสอบนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเป็นระยะเวลา 5.5 ชั่วโมง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตวิสัยแต่ไม่พบการลดลงของสมรรถภาพของการรู้คิดระดับสูง (Ackerman and Kanfer, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการจำลองสถานการณ์การบินในเครื่องบินรบเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของการรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์จากการทดสอบ Mental rotation task (Rosa et al., 2021) นอกจากนี้ทั้ง 2 กลุ่มยังมีการแนวโน้มการลดลงของ MCBV และการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมอง โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนข้างซ้ายจึงแม้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการความแม่นยำของการทดสอบ Time wall task จึงเป็นได้ว่าทั้ง 2 กลุ่มพยายามในการต่อสู้กับความเหนื่อยล้า (Fatigue-fighting) และสามารถรักษาประสิทธิภาพของการทำงานได้ เช่นเดียวกับการศึกษาการก่อนหน้าที่พบคลื่นอัลฟา (Alpha wave) จากการทดสอบคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalography) ซึ่งแสดงถึงความเหนื่อยล้าของสมองเพิ่มสูงขึ้นร่วมกับระยะเวลาตอบสนองของการรู้คิดสมาธิแบบคงความใส่ใจไว้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเพิ่มขึ้น แต่ยังสามารถรักษาประสิทธิภาพของการขับรถให้รักษาอยู่ในช่องทางเดินรถแม้ว่าจะมีการรบกวนจากสิ่งภายนอกได้ (Chuang et al., 2018) รวมทั้งความพยายามและความตั้งใจ (Attentional effort) ก็เป็นสิ่งกระตุ้นการทำงานของรู้คิดที่เพิ่มการทำงานของสมองเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มความพยายามและตั้งใจ จากการให้รางวัลหรือผลประโยชน์ จะส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองและเพิ่มประสิทธิภาพการรู้คิด แม้ร่างกายจะอยู่ในภาวะเหนื่อยล้าได้ (Hopstaken et al., 2015; Takacs et al., 2019) การศึกษานี้จะไม่ได้มีการให้รางวัลเพื่อเป็นแรงจูงใจในการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ผู้วิจัยคาดว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่มจะมีความตั้งใจในการทดสอบไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผู้วิจัยได้แจ้งวัตถุประสงค์และประโยชน์ของงานวิจัยเพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการทดสอบ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำอย่างสุดความสามารถ เพื่อจะได้นำผลวิจัยไปพัฒนาการฝึกของนักบินกองทัพอากาศต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่านักบินหรือศิษย์การบินที่มีพื้นฐานสมรรถนะของการรู้คิดสูง แม้จะพบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแต่ไม่กระทบต่อการรู้คิดระดับสูง ได้แก่ การรู้คิดด้านมิติสัมพันธ์และการรู้คิดเชิงทักษะบริหาร จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างของการรู้คิดและการส่งออกซิเจนไปสมองหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadDback

2.3 .2 การรู้คิดด้านความจำปฏิบัติการ (Working memory)

การทดสอบ 1-Back และ 2-Back เป็นการทดสอบการรู้คิดด้านความจำปฏิบัติการ ก่อนการฝึกออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ พบว่าทั้งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีการลดลงของ

ระยะเวลาตอบสนองจากการทดสอบ 1-Back และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้อง ซึ่งแสดงถึงการไม่ได้รับผลกระทบหลังจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด แม้ว่าจะเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่สามารถพบได้จากระยะเวลาตอบสนองที่เพิ่มมากขึ้นจากการทดสอบ PVT และความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเชิงอัตวิสัยที่เพิ่มมากขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนการฝึก 12 สัปดาห์ พบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองและการลดลงของความถูกต้องจากการทดสอบ 2-Back การที่ระยะเวลาการตอบสนอง จากการทดสอบ 2-Back เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความยากของการรู้คิดจะส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาการตอบสนองที่เพิ่มสูงขึ้น (Aghajani et al., 2017) และความเหนื่อยล้าของการรู้คิดส่งผลให้ระยะเวลาการเคลื่อนไหวของร่างกายเพิ่มขึ้น (Jacquet et al., 2021) เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องจำตัวอักษรและตำแหน่งของช่องสี่เหลี่ยม 2 ตัวก่อนหน้า ซึ่งมีความหนักของงานที่เพิ่มขึ้นจึงคาดว่าเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบต่อความรู้คิดได้ จากการจำลองสถานการณ์การบินในเครื่องบินรบเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้องใช้เวลาปฏิบัติภารกิจที่เพิ่มมากขึ้นจากการทดสอบ 1-Back และ 2-Back แต่พบการลดลงของความถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 1-Back และ 2-Back (Rosa et al., 2020) ซึ่งงานวิจัยของ Rosa et al. (2020) มีภาระงานและความยากของ 2-Back ที่น้อยกว่างานวิจัยนี้จะประเมินความถูกต้องจากเฉพาะตัวอักษรเท่านั้น จึงน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงจากการทดสอบ 2-Back

หลังการฝึก 12 สัปดาห์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงจากการทดสอบ 1-Back แต่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีระดับความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมและมีแนวโน้มการลดลงของระยะเวลาตอบสนองในการทดสอบ 2-Back ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนอง ผู้วิจัยคาดว่าผลกระทบจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานเป็นผลมาจาก การฝึกการรู้คิดรวมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การฝึก HIIT การเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ และ BDNF

การฝึกการรู้คิดในการศึกษานี้ทำการฝึกความจำในการจำแนกสิ่งที่คล้ายกันด้วยการฝึกจับคู่ของที่เหมือนกัน (Matching pairs) และความจำแบบบริหาร (Executive function) ด้วยการฝึก Color Stroop ที่เป็นการฝึกที่พัฒนาการรู้คิดด้านความจำและสมาธิ (Jalalvandi et al., 2020) ผู้วิจัยคาดว่าจะจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การรู้คิดแบบความจำปฏิบัติการของการทดสอบ 2-Back เพิ่มขึ้นหลังจากการฝึกแบบผสมผสานเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เนื่องจากการฝึกจะส่งผลต่อการรู้คิดแบบสมาธิด้านสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการ จากการส่งเสริมให้เกิดการควบคุมตนเองให้สามารถคงความจำและสามารถจดจ่อกับข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกับการเพิ่มการควบคุมสิ่งแทรกแซง (McCabe et al., 2010; Diamond, 2013) ดังนั้นการรู้คิดด้านสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและการยับยั้งการรู้คิดที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีความจำปฏิบัติการเพิ่มขึ้นแม้ว่าจะเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การฝึกการรู้คิดรวมกับการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวที่กลุ่มฝึก

ผสมผสานต้องทำการจำข้อมูลในช่วงสั้นๆ เป็นการฝึกที่เพิ่มความสามารถของการรู้คิดแบบความจำปฏิบัติการ เนื่องจากกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจะต้องให้ความสนใจและมีสมาธิกับข้อมูลที่ได้รับในการฝึกจับคู่ของที่เหมือนกัน เพื่อป้องกันการถูกดึงความสนใจออกจากข้อมูลในขณะฝึกการเคลื่อนไหวตลอดการฝึกในแต่ละช่วงร่วมกับการเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิที่จะต้องจดจ่อกับข้อมูลที่ถูกรบกวน (McAfoose and Baune, 2009) ผู้วิจัยคาดว่า การเพิ่มขึ้นของความจำปฏิบัติการจากการทดสอบ 2-Back ของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน นั้นส่งผลมาจากโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่ส่งเสริมการทำงานของสมองส่วนความจำปฏิบัติการในส่วน Central executive ที่จะทำหน้าที่ประมวลผลของความจำที่มีการฝึกซ้อมการทำงานของ Visual processing pathway ร่วมกับการเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิที่จะต้องจดจ่อกับข้อมูลที่ถูกรบกวน (McAfoose and Baune, 2009) ร่วมกับการกระตุ้นระบบของ Anterior attention system ที่เป็นการเพิ่มการทำงานแบบ Top-down จึงส่งผลต่อการเพิ่มกระบวนการรับรู้ความรู้สึกร่วมกับการเพิ่มความสามารถของการรู้คิดแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการ (Sarter et al., 2006; Park et al., 2021)

นอกจากนี้การลดผลกระทบจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดของกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานคาดว่า เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ VO_{2peak} จากการศึกษาที่ก่อนหน้านี้การเพิ่มของ VO_{2max} หลังการฝึกออกกำลังกายนั้นสัมพันธ์กับเพิ่มปริมาตรของสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และจดจำของสมอง (Nauer et al., 2020) การเพิ่มของ VO_{2max} นั้นยังส่งผลต่อการเพิ่มการติดต่อประสานงานของการทำงานในสมอง สมรรถนะของการรู้คิดแบบบริหาร การรู้คิดด้านสมาธิ การรู้คิดด้านความจำและความเร็วในการประมวลผลข้อมูล (Smith et al., 2010; Voss et al., 2010) ซึ่งการศึกษานี้พบว่า การเพิ่มขึ้นของ VO_{2peak} นั้นสัมพันธ์กับความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นจากการทดสอบ 2-Back ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของความจำปฏิบัติการของการทดสอบ 2-Back หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดคาดว่า เป็นผลที่ส่งมาจากการฝึก HIIT และการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหว จึงทำให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานลดผลกระทบจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ทำให้มีระยะเวลาตอบสนองเร็วขึ้นแต่ไม่พบในกลุ่มควบคุม ดังนั้นโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่ส่งเสริมการรู้คิดด้านสมาธิและการรู้คิดด้านความจำน่าจะสามารถช่วยป้องกันการลดลงของการรู้คิดในขณะทำการบินที่มีระดับภาระงานสูงและสามารถเพิ่มการรู้คิดด้านสมาธิแบบเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการได้

หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การส่งออกซิเจนไปสมองนั้นมีแนวโน้มที่ลดลงสังเกตได้จาก MCBV ทั้ง 2 กลุ่ม แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มทั้งการทดสอบ 1-Back และ 2-Back จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า MCBV ในการทำงานที่ยากหรือง่ายนั้นเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกัน แต่การลดลงของความรอบคอบ การเฝ้าระวัง (Vigilance) จะเกิดร่วมกับการลดลงของ MCBV ใน

สมองด้านซ้าย ซึ่งการลดลงของ MCBV นั้นไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของ ออกซิเจนในสมองและการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองนั้นไม่มีความ แตกต่างกันในสมอง 2 ข้าง แต่จะพบความแตกต่างเนื่องจากความยากของกิจกรรม (Skau et al., 2019) จึงส่งผลให้ในการศึกษานี้พบการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองหลัง การฝึกแบบผสมผสานเพิ่มขึ้นในสมองด้านซ้ายมากกว่าด้านขวาในการทำงานที่ต้องมีความยาก ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองในขณะทำกิจกรรมที่ ต้องประมวลผลข้อมูลซับซ้อนที่ต้องประเมินหลายทิศทาง (Multidirectional) จะเพิ่มขึ้นมากกว่าการ ประเมินข้อมูลในทางเดียว (Funke et al., 2010) เพิ่มขึ้นของ Oxygenate hemoglobin ในขณะทำ การรู้คิดนั้นอาจจะส่งผลให้มีปริมาณพลังงานของสมองเพิ่มขึ้นและทำให้ระยะเวลาตอบสนองที่เร็วขึ้น ในขณะทำการรู้คิดได้ (Endo et al., 2013) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับออกซิเจนใน เซลล์สมองในขณะที่เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ ในขณะที่ทำการรู้คิดเมื่อเกิด ภาวะความเหนื่อยล้าของการรู้คิดจะพบการเพิ่มขึ้นของระดับออกซิเจนในเซลล์สมอง (Oxygenate hemoglobin หรือ ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมอง) พร้อมกับสมรรถภาพการทำงานและ ประสิทธิภาพการรู้คิดที่ลดลง ร่วมกับการเพิ่มระยะเวลาตอบสนองและความผิดพลาด (Nguyen et al., 2017; Li et al., 2018; Skau et al., 2021) แต่ก็มีการศึกษาที่พบการลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง ของระดับของออกซิเจนในสมอง (Li et al., 2009; Mehta et al., 2014; Hamann and Cartengerdes, 2023) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ซึ่งการศึกษานี้พบการลดลงของ MCBV และพบการเพิ่มขึ้นของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองในการทดสอบการรู้คิดแบบความจำ ปฏิบัติการของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน แต่ไม่พบการลดลงของประสิทธิภาพของการรู้คิดจากการ ทดสอบ 2-Back ทั้งที่เป็นการทดสอบที่มีความยาก ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจน ในสมองนั้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความถูกต้องจากการทดสอบ 2-Back โดยพบว่ากลุ่มฝึก แบบผสมผสานมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้องเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีความถูกต้อง ลดลงไม่แตกต่างจากก่อนการทดลอง กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีแนวโน้มที่ลดระยะเวลาตอบสนอง ขณะที่กลุ่มควบคุมพบการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาตอบสนองหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้ คิด

การเปลี่ยนแปลงของ MCBV นั้นไม่ได้ส่งผลต่อการรู้คิดโดยตรง การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพ การรู้คิดอาจจะเกิดจากการเพิ่มเมแทบอลิซึมของสมอง (Brain Metabolism) หรือการเพิ่มขึ้นของ กรดแลคเตทที่เป็นที่น่าจะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการรู้คิด (Ogoh, 2017) เมื่อพิจารณาจากระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตพิสัย กลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่ม ควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale) เพิ่มขึ้นจาก ก่อนการกระตุ้น TloadDback แต่พบการลดลงของระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดหลังการฝึก 12

สัปดาห์ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองอาจจะเกิดจากการที่สมองมีการปรับตัวให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความถูกต้องและลดระยะเวลาการตอบสนอง ซึ่งเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีการฝึกการรู้คิด 2 ประเภท คือ Stroop และ Matching pair ร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหว การฝึกการรู้คิดความจำปฏิบัติการ 2 อย่างจะช่วยเพิ่มการทำงานของสมองที่ควบคุมการทำงานแบบบริการ (Executive control) ที่เป็นส่วนประสานงานขบวนการกระตุ้นของสมองในส่วนของความจำระยะสั้น จึงส่งผลให้เพิ่มการทำงานของ Phonological loop (สมองส่วนการได้ยิน) และ Visual-spatial sketch patch (สมองส่วนการรับรู้ตำแหน่งจากการมองเห็น)(McAfoose and Baune, 2009; Strobach, 2019) การฝึกการรู้คิดความจำปฏิบัติการยังส่งผลต่อการเพิ่มการทำงานของ Dorsolateral prefrontal cortex ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ด้านการรู้คิดแบบความจำปฏิบัติการและการรู้คิดแบบบริหาร (Kimura and Matsuura, 2021) ดังนั้นการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกการเคลื่อนไหวจะเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้คิดและเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวจากการกระตุ้นของสมองส่วน Frontal lobe ซึ่งเป็นสมองส่วนสำคัญของการควบคุมการยับยั้งของสมอง (Patelaki et al., 2023) การศึกษานี้พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองนั้นมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้องของการทดสอบการรู้คิดแบบ 2-Back และการเปลี่ยนแปลงของ $VO_2\text{peak}$ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความถูกต้องของการทดสอบการรู้คิดแบบ 2-Back ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองด้านซ้ายของกลุ่มฝึกแบบผสมผสานคาดว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของสมองที่สามารถทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการรู้คิดได้และเพิ่มความถูกต้องจากการทดสอบ 2-Back ได้

นอกจากนี้การฝึก HIIT การฝึกการรู้คิดและการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของการฝึกแบบผสมผสาน นั้นคาดว่าจะช่วยเพิ่ม Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) (Saucedo Marquez et al., 2015; Damirchi et al., 2018; Gregoire et al., 2019; Martínez-Díaz et al., 2020) ที่ทำหน้าที่ช่วยสร้างและรักษาความยืดหยุ่นของสมอง (Brain plasticity) จากการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท (Neuritic outgrowth) และการขบวนการการซินแนปส์ (Synapse) (Calverley et al., 2020) และช่วยเพิ่มการนำ BDNF เข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง การถอดรหัสการเพิ่มองค์ประกอบเซลล์และการส่งสัญญาณ (El-Sayes et al., 2018) การเพิ่มขึ้นของ $VO_{2\text{max}}$ นั้นสัมพันธ์กับเพิ่มปริมาณของสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) ที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และจดจำของสมองและสัมพันธ์กับการรู้คิดที่ต้องใช้ทักษะในการแยกความแตกต่างสูง (Nauer et al., 2020) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ BDNF ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานคาดว่าจะส่งผลให้เกิดการเพิ่มการเชื่อมต่อ

และการชินแนปส์ระหว่างเซลล์สมอง จึงทำให้ในขณะที่ทำการทดสอบ 2-Back หลังกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดนั้นยังสามารถเพิ่มความถูกต้องและลดระยะเวลาตอบสนอง

ดังนั้นโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานจึงช่วยลดผลกระทบจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ในการรู้คิดด้านสมาธิแบบสมาธิแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและความจำปฏิบัติการ ที่ทำให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานสามารถลดระยะเวลาตอบสนองและเพิ่มความถูกต้องหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้ จึงคาดว่าจะช่วยลดผลกระทบของการลดลงของการรู้คิดที่เกิดจากการเข้าแรงโน้มถ่วงในขณะที่ทำการบินอย่างต่อเนื่อง ร่วมกับการเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลข้อมูลที่มองเห็นจากความสามารถในการอ่านเครื่องมือควบคุมการบินในขณะที่ทำการบิน ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญของการรู้คิดแบบสมาธิที่ทำให้มีความจดจ่อกับสิ่งที่ต้องการและไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลต่อการส่งเสริมวิทยการบินและสมรรถภาพนักบินให้สามารถประมวลผลข้อมูลในขณะที่ทำการบินได้อย่างอัตโนมัติ (Automatic) (Shao et al., 2021) นอกจากนี้การลดผลกระทบของการรู้คิดแบบความจำปฏิบัติการยังส่งผลต่อการเพิ่มการตระหนักรู้ในสถานการณ์ (Situation awareness) ในขณะทำการบิน เนื่องจากการรักษาระดับความจำปฏิบัติการจะส่งผลต่อการรับรู้ข้อมูลและเพิ่มการเฝ้าระวังเหตุการณ์อาจเกิดขึ้นได้ พร้อมทั้งยังสามารถจำกัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องและมุ่งเน้นกับข้อมูลที่สำคัญ ทำให้นักบินสามารถปรับการทำงานได้อย่างรวดเร็ว (Zhou et al., 2022)

3. ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related physical fitness)

3.1 องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition)

หลังจากศิษย์การบินระดับชั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มการฝึกแบบผสมผสานมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของไขมันในร่างกายลดลงและสัดส่วนมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการออกกำลังกายแบบ HIIT เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง ที่มีการออกกำลังกายในระดับที่มากกว่าระดับกั้นการระบายอากาศขั้นที่ 1 (Anaerobic threshold) ทำให้เกิดการเพิ่มการใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake) จนส่งผลทำให้เกิดออกซิเจนไม่เพียงพอ (Oxygen deficit) ต่อการใช้งานในขณะออกกำลังกาย ซึ่งส่งผลทำให้ร่างกายเกิดภาวะเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen debt) ภายหลังจากออกกำลังกายได้ ซึ่งเมื่อเกิดภาวะออกซิเจนไม่เพียงพอร่วมกับการเกิดภาวะการเพิ่มการใช้ ออกซิเจนหลังการออกกำลังกาย (Excess post-exercise oxygen consumption; EPOC) จึงส่งผลทำให้ร่างกายเกิดการเพิ่มขบวนการสลายไขมัน (Lipolysis) (Kolnes

et al., 2021) ที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเพิ่มการใช้พลังงานในขณะพัก (Resting energy expenditure) (Karstoft et al., 2017)

นอกจากนี้ความต้องการการใช้พลังงานที่มากของการออกกำลังกายแบบ HIIT จะส่งผลทำให้ปรับตัวของระดับเมตาบอลิซึม เมื่อกกล้ามเนื้อมีการหดตัวเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของแคลเซียม (Calcium) ไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide) ออกซิเจนในโมเลกุลหรือสารอนุมูลอิสระ (Reactive oxygen species; ROS) และ AMP/ADP ซึ่งเป็นสัญญาณของความเครียดที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกาย ส่งผลให้เกิดกระบวนการที่ทำกระตุ้นการเพิ่มการใช้กลูโคสและไขมันในกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) เพื่อสร้างพลังงานและสร้างสมดุลให้กับร่างกาย (Hardie, 2011) ขณะออกกำลังกายจะพบอัตราส่วน ADP/ATP และ AMP /ATP เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้กระตุ้นการเพิ่มของ AMPK (AMP-activated protein) ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณของพลังงานภายในเซลล์ กระบวนการฟอสโฟรีเลชันของ AMPK (Phosphorylation of AMPK) จะทำให้เกิดการเพิ่มการใช้กลูโคสจากการเพิ่มการส่ง Glucose transporter type 4 เข้าไปในเมมเบรน (Membrane) AMPK ยังกระตุ้นการออกซิเดชันของกรดไขมัน (Fatty acid oxidation) โดยที่กรดไขมัน (Fatty acid) จะถูกทำให้เปลี่ยนเป็น Acetyl-CoA carboxylases และถูกนำส่งเข้าไปในไมโทคอนเดรียเพื่อการออกซิเดชัน (Herzig and Shaw, 2018; Hargreaves and Spriet 2020) ซึ่ง AMPK กระตุ้นการนำกรดไขมันเข้าไปในไมโทคอนเดรีย และขบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันจากการยับยั้ง CPT1 AMPK ทำให้เกิดการกระตุ้น PGC-1 α ที่จะถูกส่งทำให้เข้าไปในนิวเคลียส (Nucleus) ที่จะทำหน้าที่ส่งเสริมให้มีการสร้างไมโทคอนเดรีย (Mitochondria biogenesis) ที่ส่งผลทำให้เกิดการปรับตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ (Ke et al., 2017; Torma et al., 2019; Spauld and Yan, 2022) ซึ่งการกระตุ้นของกระบวนการต่างๆนี้จะไม่เพียงเพิ่มการใช้กลูโคส กรดไขมันและการออกซิเดชันที่เป็นแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อเพื่อทำให้สามารถรักษาระดับการออกกำลังกาย แต่ยังสามารถกระตุ้นการปรับตัวของกล้ามเนื้อให้มีการหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มขบวนการเมตาบอลิซึมของกล้ามเนื้อจากจำนวนไมโทคอนเดรียที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Spauld and Yan, 2022) จากการการวิเคราะห์ห่อมิทานการออกกำลังกายแบบ HIIT ของ Maillard et al (2018) พบว่า HIIT เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่สามารถลดสัดส่วนไขมันในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ซึ่งการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงด้วยน้ำหนักตัว (Bodyweight high-intensity interval training) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบการลดลงของสัดส่วนไขมันในร่างกายและเพิ่มสัดส่วนของกล้ามเนื้อได้ (Murawska-Cialowicz et al., 2020)

การฝึก RT-BFR จะทำให้เกิดการปรับตัวของกล้ามเนื้อ (Muscular adaptation) ที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของสารที่เกิดจากการสร้างพลังงาน (Metabolism) และภาวะแวดล้อมที่ขาด

ออกซิเจน (Hypoxic environment) ของกล้ามเนื้อ ทำให้กระตุ้นให้กล้ามเนื้อเพิ่มการทำงานมากขึ้น จึงส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle hypertrophy) รูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานของการศึกษานี้ทำการฝึก HIIT และ RT-BFR (Lorenz et al., 2021) ซึ่ง Tan et al (2023) พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านสามารถส่งผลต่อการลดสัดส่วนไขมันในร่างกายและเพิ่มมวลร่างกายปราศจากไขมันได้ ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มการฝึกแบบผสมของการศึกษานี้ที่มีสัดส่วนไขมันของร่างกายที่ลดลงและสัดส่วนกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันพบการลดลงของร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนไขมันในร่างกายกลุ่มควบคุม ซึ่งคาดว่าเกิดจากการฝึกแบบปกติที่มีการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านแต่ก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การลดลงของสัดส่วนไขมันในกลุ่มควบคุมจึงส่งผลให้ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มการฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม นอกจากนี้การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นระยะสั้นหรือการออกกำลังกายแบบสลับช่วงนั้นก็ไม่มีอัตราการเผาผลาญของร่างกายขณะพัก (Karstoft et al., 2017; MacKenzie-Shalders et al., 2020) ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเผาผลาญของร่างกายขณะพัก

3.2 ความอ่อนตัว (Flexibility)

หลังจากระยะการฝึกในระดับขั้นมัธยมที่ทำการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวไปข้างหน้า (Sit and reach) เพิ่มมากขึ้น มืองศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion) ที่ในทิศทาง Thoracolumbo-pelvic extension และ Lateral flexion to right เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม กล้ามเนื้อที่ถูกยืดจากการออกกำลังกายหรือการยืดกล้ามเนื้อจะกระตุ้นตัวรับรู้การถูกยืด (Stretch receptor) คือ Muscle spindle และ Golgi tendon organ โดยที่ Golgi tendon organ จะเป็นตัวที่จะช่วยป้องกันการเกิดการยืดที่มากเกินไป (Over stretch) ระหว่างข้อต่อกล้ามเนื้อและเอ็น ส่วน Muscle spindle จะเชื่อมต่อระหว่าง Intrafusal และ Extrafusal ของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) จะเป็นตัวที่จะช่วยป้องกันการเกิดการยืดที่มากเกินไปของกล้ามเนื้อ (Smith, 1994) ซึ่งการยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบใช้แรงภายนอกทั้งหมด (Passive) หรือการที่มีแรงภายนอกช่วยบางส่วน (Active assistive) และการทำด้วยตนเอง (Active) จะทำให้เกิดกระตุ้น Golgi receptor และส่งกระแสประสาทไปยัง Dorsal root ของไขสันหลังผ่านทาง Inverse stretch reflex เพื่อที่จะลดการทำงานของ Motoneuron ยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดความตึงตัวและผ่อนคลาย ซึ่งเป็นกลไกที่ป้องกันการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ (Smith, 1994; Katch et al., 2011) และเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้ (Page, 2012; Bryant et al., 2023) ซึ่งการฝึกของกลุ่มการฝึกแบบผสมผสานจะมีอบอุ่นร่างกายด้วยการทำ Dynamic stretching และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) ที่เป็นการออกกำลังกายในลักษณะ

Dynamic stretching และ Static stretching ในท่าเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังและกล้ามเนื้อขา ดังนั้นโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานจึงกระตุ้นการทำงานของ Golgi tendon organ ผ่านทาง Inverse stretch reflex ทำให้กล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อขาที่มีความตึงตัวที่ลดลง นอกจากนี้การฝึกแบบมีแรงต้านที่มีการใช้น้ำหนักภายนอกลดน้ำหนักลงบนสันหลังเพิ่มการเคลื่อนไหวของหลัง (Alizadeh et al., 2023) ซึ่งการฝึก RT-BFR ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานมีการใช้ท่า Back squat และ Calf raise ที่มีการลงน้ำหนักลงบนสันหลัง จาก 2 ส่วนนี้ น่าจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีระดับความอ่อนตัวและองศาการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังที่เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อการลดปัจจัยเสี่ยงของอาการปวดหลังในนักบินในอนาคตได้ เนื่องจากนักบินรบที่มีอาการปวดหลัง จะพบกล้ามเนื้อกลุ่ม Lateral trunk ทางด้านซ้ายและด้านขวาที่มีอาการล้ามากกว่ากลุ่มที่ไม่มีอาการปวดหลัง (Gomes et al., 2021) ซึ่งความรุนแรงของอาการปวดหลังนั้นมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงที่ลดลงของกล้ามเนื้ออกและแขนลำตัว (Cho et al., 2014) ซึ่งความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring และการลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของหลังระดับ Lumbar นั้นมีความสัมพันธ์กับอาการปวดหลัง (Laird et al., 2014) ดังนั้นค่าองศาของการเคลื่อนไหวของหลังที่ลดลงของกลุ่มควบคุมอาจจะส่งผลทำให้เกิดอาการปวดหลังในอนาคตได้ แต่การศึกษานี้ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลเรื่องอาการปวดหลังจึงไม่สามารถระบุและหาความสัมพันธ์ขององศาที่ลดลงต่อความเสี่ยงต่ออาการปวดหลังได้

3.3 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ในการศึกษานี้ทั้งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.05 ± 7.87 แรงบีบมือซ้ายและขวาเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.84 ± 10.22 และ 17.47 ± 10.4 เรียงตามลำดับ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความอดทนของกล้ามเนื้อจากการดันพื้นและการลุกนั่งที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการฝึก RT-BFR สามารถเพิ่มความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรฝึกแบบมีแรงต้านที่มีความหนักสูง (Lixandrao et al., 2015; Brandner et al., 2019) โดยที่ไม่พบความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจากแรงบีบมือ (Early et al., 2020) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ May et al. (2022) ที่มีความหนักของการฝึกแบบมีแรงต้านและการจำกัดการไหลเวียนโลหิตคล้ายกับการศึกษานี้ พบว่าการฝึก RT-BFR สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างกับการฝึกแบบมีแรงต้านที่มีความหนักสูง เนื่องจากการฝึก RT-BFR เป็นการออกกำลังกายในขณะที่ปริมาณสารที่มาจากหลอดเลือด (Blood-borne substrate availability) ลดลง ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อมีการปรับตัวเพื่อพึ่งพาใช้สารต่างๆที่ใช้สำหรับการสร้าง ATP ที่อยู่ในกล้ามเนื้อ (Pignanelli et al., 2021) การเพิ่มความเครียดนี้จะทำให้เกิดการปรับตัวของไมโทคอนเดรีย

รีย (Mitochondria adaptations) เพิ่มการสร้างโปรตีนในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria protein synthesis) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนไมโทคอนเดรีย (Mitochondria biogenesis) เพิ่มประสิทธิภาพของขบวนการสร้างพลังงานที่ใช้ออกซิเจน (Mitochondria respiration) และเพิ่มความสามารถในการเผาผลาญพลังงาน (Oxidative capacity) (Groennebaek et al, 2018) การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มควบคุมคาดว่าจะเกิดจากการฝึกแบบปกติของโรงเรียนการบิน และเมื่อพิจารณาปริมาณกิจกรรมทางกายของกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มควบคุมมีระดับกิจกรรมทางกายจากการตอบแบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global physical activity questionnaire) ระดับสูง หรือมีค่าเมตของกิจกรรมทางกายโดยรวมมากกว่าเท่ากับ 3,000 เมตต่อสัปดาห์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 63.3 ของจำนวนกลุ่มควบคุมทั้งหมด จึงเป็นไปได้ที่กลุ่มควบคุมจะมีพฤติกรรมที่ออกกำลังกายเป็นประจำ โดยกลุ่มควบคุมจะทำการออกกำลังกายด้วยตนเองตามที่โรงเรียนการบินจัดให้ได้แก่การวิ่ง การดึงข้อ การดันพื้นหรือการฝึกแบบมีแรงต้าน ผู้วิจัยคาดว่าจะจะเป็นสาเหตุให้กลุ่มควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้การฝึกแบบปกติร่วมกับการฝึกบินกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 ที่ต้องเกร็งกล้ามเนื้อต้านต่อแรงโน้มถ่วงในขณะที่ฝึกบินก็สามารถช่วยทำให้นักบินมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องจากการศึกษาของ Hokanen et al (2020) ที่พบว่าศิษย์การบินเครื่องบินรบในช่วงระยะปีแรกมีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา กล้ามเนื้อแอ่นหลัง (Trunk muscle extension) กล้ามเนื้ออลำตัว ความอดทนของกล้ามเนื้อหัวไหล่จากการทดสอบ Dumbbell press และความอดทนของกล้ามเนื้ออลำตัวจากการทดสอบลูกนึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นศิษย์การบินที่เข้าบินเครื่องบินแบบที่ 19 มาอย่างน้อยเป็นเวลา 3 เดือน จึงคาดว่า การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มควบคุม น่าจะเป็นผลจากการฝึกแบบปกติและการฝึกบินในเครื่องบินแบบที่ 19 ทำการบินในสภาวะต้านแรงโน้มถ่วง

การฝึก RT-BFR ยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ (Strength endurance) (Groennebaek et al, 2018) เพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) (Early et al., 2020) ทำให้ระยะเวลาของการทดสอบระยะเวลาการที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อจนให้เกิดการล้าหรือหมดแรง (Time to exhaust) มีระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น (Corvino et al, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความทนทานของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นจากจำนวนครั้งของการลูกนึ่งและการดันพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการฝึกแบบจำกัดการไหลเวียนโลหิตจะเพิ่มความสามารถในการปรับสมดุลกรดต่าง (pH regulation) ของกล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกาย จากความสามารถในการทำงานของการแลกเปลี่ยน Lactate dependent H^+ ของกล้ามเนื้อและความสามารถในการปรับ H^+ ในเลือด (H^+ buffering capacity) ที่เพิ่มมากขึ้น (Christiansen et al., 2019) นอกจากนี้การฝึก HIIT นั้นสามารถเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อ การฝึกแบบ

สลับช่วงที่ความหนักสูง (High Intensity Interval Training, HIIT) แบบที่ใช้น้ำหนักตัว และแบบที่ใช้ร่างกายทุกส่วน (whole-body movements) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์สามารถเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อจากการทดสอบด้วยการลุกนั่งและการดันพื้นได้ (Hendker and Eils, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีความอดทนกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น คาดว่าจะเป็นผลมาจากการฝึก HIIT ที่ทำฝึกมีการใช้กล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อแขน เนื่องจากการฝึก HIIT นั้นจะกระตุ้นการเพิ่มสมรรถภาพของไมโทคอนเรียในกล้ามเนื้อและเพิ่มประสิทธิภาพของการออกกำลังกาย (Exercise performance) โดยการฝึก HIIT จะเพิ่มการสร้างไมโทคอนเดรียใหม่ (Mitochondria biogenesis) เพิ่มความสามารถสูงสุดของซีเทรตซินเทส (Citrate synthase) เพิ่มปริมาณโปรตีนในซีเทรตซินเทส เพิ่ม Mitochondrial transcription factor A โดยมี Peroxisome proliferator-activated receptor γ co-activator 1 α (PGC-1 α) ในนิวเคลียสเป็นตัวบ่งชี้ของการสร้างไมโทคอนเดรียใหม่ que แสดงถึงการเกิดการเปลี่ยนแปลงของไมโทคอนเดรีย (Mitochondria adaptation) (Little et al., 2010) นอกจากนี้ HIIT ยังจะกระตุ้นขบวนการ Anaerobic lactic metabolism ทำให้กล้ามเนื้อมีความทนทานต่อความเป็นกรดในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นจากการเพิ่มความสามารถปรับกรดต่างในกล้ามเนื้อ การการรักษาสสมดุลของไอออน (Ionic regulation) โดยเฉพาะโพแทสเซียม ไอออนซึ่งจะพบได้ในการฝึกเพื่อเพิ่มความอดทน (Endurance training) (Hargreaves and Spriet, 2020) ซึ่งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจะมีผู้วิจัยคอยควบคุมการออกกำลังกายตลอดการฝึก จึงทำให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานสามารถทำการฝึกในท่าต่างๆได้อย่างถูกต้อง มีการเพิ่มความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อจากการฝึก HIIT และการฝึก RT-BFR ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการฝึกของกลุ่มควบคุม โดยที่กลุ่มฝึกผสมผสานมีความทนทานของกล้ามเนื้อลำตัวเพิ่มขึ้นคาดว่าจะส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำ Anti-G Straining Maneuver (AGSM) ที่เป็นการเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องและขาในระหว่างการเข้าแรงโน้มถ่วงในขณะทำการบิน เนื่องจากความสามารถในการเกร็งของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis จะช่วยรักษาระดับปริมาณเลือดในขณะต้านแรง +Gz (Kobayashi et al, 2002) ที่คาดว่าจะทำให้กลุ่มฝึกผสมผสานทำ AGSM ที่เป็นวิธีการป้องกันการเกิดอาการหมดสติจากการเผชิญแรงโน้มถ่วงโลก (G-induced loss of consciousness; G-LOC) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอัตราการสำเร็จของการเข้า Simulated air combat maneuver ที่มีการทำ AGSM ทดสอบจะเพิ่มขึ้นในกลุ่มฝึกที่มีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Slungaard et al., 2019) แม้ว่าการศึกษานี้ไม่มีการทดสอบตัวแปรความทนทานของกล้ามเนื้อขาซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้การทำ AGSM แต่ผู้วิจัยคาดว่าความอดทนของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากการดันพื้นและลุกนั่งจะทำให้กลุ่มฝึกแบบผสมผสานสามารถทำ AGSM ซ้ำๆในขณะเข้าแรงโน้มถ่วงในขณะบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 สมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ

ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen consumption; $VO_2\text{peak}$) และสมรรถภาพปอดจากการทดสอบ Forced vital capacity (FVC) เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด $VO_2\text{peak}$ และ Force expiratory volume in one second (FEV1) เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมและมีค่า FEV1/FVC ลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (CG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาก่อนหน้านี้ในวัยหนุ่มสาวสุขภาพดี พบว่าการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{max}$ จะสัมพันธ์กับปริมาณเลือดที่หัวใจบีบออกแต่ละครั้ง (Stroke volume; SV) ซึ่งอัตราไหลของเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output; CO) จะประเมินจากปริมาณเลือดที่หัวใจบีบออกแต่ละครั้ง (Stroke volume; SV) และอัตราเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; HR_{max}) นั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากการฝึก ดังนั้นการเพิ่ม CO ที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลมาจาก SV ที่เพิ่มขึ้น ทำให้หลังการฝึกออกกำลังกายการเพิ่ม $VO_2\text{max}$ นั้นส่งผลมาจากการเพิ่มของ SV (Helgerud et al., 2007) ในคนวัยหนุ่มสาวการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{max}$ จะเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ CO และการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างของออกซิเจนระหว่างในหลอดเลือดแดงกับหลอดเลือดดำ (Arteriovenous oxygen difference; a-v O_2 diff) (Murias et al., 2010) ซึ่งการเพิ่มของ a-v O_2 diff นั้นเกิดจากการปรับตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้สามารถเพิ่มการดึงออกซิเจนออกมาในขณะที่ทำงานได้ซึ่งมักจะพบการเปลี่ยนแปลงจากการฝึกออกกำลังกาย ซึ่งทำให้มีค่าของการทดสอบ $VO_2\text{max}$ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้เพิ่มมากขึ้นและมีการปริมาณออกซิเจนที่ส่งไปส่วนของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง (High intensity interval training, HIIT) เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาที่น้อยแต่สามารถเพิ่ม $VO_2\text{max}$ ในคนสุขภาพดีได้ (Sultana et al., 2019; Wen et al., 2019) จากการปรับตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการออกซิเดชันของเอนไซม์ (Oxidative enzyme capacity) (Little et al., 2010; Hargreaves and Spriet, 2020) และการสร้าง ATP ในกล้ามเนื้อ (Larsen et al., 2014) ความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย (Capillary density) (Raleigh et al., 2018) รวมถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินที่ทำให้สามารถลำเลียงออกซิเจนได้มากขึ้น (Lundby et al., 2017; Ataken et al., 2021) แม้การศึกษานี้ไม่ได้มีการเก็บตัวแปรด้านระบบการไหลเวียนโลหิต แต่ในขณะที่ทดสอบ $VO_2\text{peak}$ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจึงคาดว่าเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ ของการศึกษานี้ นั้นเป็นผลมาจาก SV ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่การฝึก HIIT ด้วยการบนลู่วิ่งที่ความหนักร้อยละ 90-95 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด เป็นระยะเวลา 4 นาที สลับกับเดินเป็นระยะเวลา 3 นาที จำนวน 4 รอบ 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ $VO_2\text{peak}$ SV และ CO แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Helgerud et al., 2007)

การยืดกล้ามเนื้อบริเวณทรวงอกนั้นสามารถเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อบริเวณทรวงอก (Thoracic mobility) จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า การเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อบริเวณทรวงอกจะสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดจากการเคลื่อนไหวของซี่โครงเพิ่มมากขึ้น (Mellin and Harjula, 1987) และการยืดกล้ามเนื้อรอบช่องอก (Thoracic cavity) ด้วยตนเอง สามารถเพิ่ม FVC FEV1 และ Peak expiratory flow (PEF) ได้ (Hwangbo et al., 2014) การขยายของทรวงอก (Thoracic expansion) นั้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีมวลกาย การสะสมของเนื้อเยื่อไขมัน การลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมีความสัมพันธ์กับการจำกัดการเคลื่อนไหวของช่องอก (Thoracic cavity) และกระบังลมที่ทำให้มีการลดลงของ FVC (Derasse et al., 2021) ซึ่ง FVC นั้นมีความสัมพันธ์กับการขยายของทรวงอก (Lanza et al., 2013) สอดคล้องกับการศึกษาที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีการลดลงของสัดส่วนไขมันในร่างกายและมี FVC และ FEV1 เพิ่มขึ้นหลังการฝึก ผู้วิจัยคาดว่า การเพิ่มการเคลื่อนไหวของทรวงอกที่ได้จากการฝึก HIIT ที่มีการเคลื่อนไหวทรวงอก เช่น ท่า Jumping jack Burpee Speed skater ที่เป็นท่าที่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อไหล่และลำตัวร่วมกับการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training) ที่มีท่ายืดกล้ามเนื้อรอบผนังทรวงอก สะบัก และหลังส่วนบนนั้นทำให้มีการเพิ่มของ FVC และ FEV1 แต่การลดลงของ FEV1/FVC คาดว่าจะเกิดจากอัตราการเพิ่มของ FVC ที่มากกว่าการเพิ่มขึ้นของ FEV1 จึงส่งผลให้สัดส่วนของ FEV1/FVC มีค่าลดลง นอกเหนือจากนี้การที่มีการฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักสูง จะทำให้ในขณะที่ฝึกมีการเพิ่มความลึกของการหายใจเข้าซึ่งคาดว่าจะจะเป็นปัจจัยที่ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า FVC

จากการศึกษาก่อนหน้าในการทดสอบด้านแรงโน้มถ่วง ในนักบินรบ พบว่าผู้ที่ใช้อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดใน 5 วินาทีแรกของการเข้าแรงโน้มถ่วง +9 Gz เพิ่มขึ้นน้อยกว่าร้อยละ 20 ของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการเข้ารับทดสอบจะมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถคงทนต่อแรงโน้มถ่วงของการทดสอบที่ +9Gz กลุ่มที่ไม่สามารถผ่านการฝึกแรงที่ +9Gz จะมีอัตราหัวใจเต้นสูงสุดน้อยกว่ากลุ่มที่สามารถผ่านการฝึกแรงที่ +9Gz ซึ่งแสดงถึงการมีสมรรถภาพของระบบหัวใจที่น้อยกว่า ซึ่งอัตราหัวใจเต้นสูงสุดใน 5 วินาทีแรกนี้น้อยกว่าอาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกระตุ้นระบบซิมพาเทติก (Sympathetic tone) ที่ช้ากว่าจึงทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการลดลงของ CO ที่ถูกกระตุ้นโดยแรงโน้มถ่วงก่อนการลดลงของออกซิเจนสำรองได้ (Fisher and Secher, 2019; Tu et al, 2020) นอกจากนี้ระยะการฟื้นตัวของอัตราหัวใจเต้น (Heart rate recovery) ที่เร็วแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะของนักกีฬา (Lambert et al., 2009) ซึ่งการฝึก HIIT จะช่วยลดระยะการฟื้นตัวของอัตราหัวใจเต้น (Stöggl and Björklund, 2017) จากการศึกษาที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีสมรรถภาพทางระบบหัวใจเพิ่มมากขึ้น จากระดับ VO_{2peak} ที่เพิ่มขึ้น โดยที่การฝึก HIIT ที่มีความหนักสูงใกล้เคียงกับอัตราหัวใจเต้นสูงสุดจะส่งเสริมสมรรถภาพของระบบหัวใจให้มีระยะการฟื้นตัวของอัตราหัวใจเต้นที่

เร็วขึ้น ผู้วิจัยคาดว่าสมรรถภาพระบบหัวใจที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจะส่งผลต่อความเร็วของการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดใน 5 วินาทีแรกในการเข้าแรงโน้มถ่วงในขณะบินและลดระยะเวลาฟื้นตัวจากการเผชิญกับแรงโน้มถ่วงซ้ำๆจากการฝึกบินได้

4. ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability)

ก่อนและหลังฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเพิ่มขึ้นหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadBack ค่า Root mean square of successive differences between normal heartbeats (rMSSD) ค่า Low frequency/High frequency ratio (LF/HF) ค่า High frequency (HF) และ ค่า Low frequency (LF) มีเปลี่ยนแปลงในทางบวกเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีการะงานทางจิตใจที่เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่า NASA-TLX และ ค่า LF/HF มีแนวโน้มไปในทางบวกเพิ่มขึ้น (Hart and Staveland, 1988; Delliaux et al., 2019) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดระบบประสาทอัตโนมัติแบบพาราซิมพาเธติก (parasympathetic) ซึ่งจะพบในขณะพักจะถูกกระตุ้นทำให้ค่า HF เพิ่มขึ้น (Lu et al., 2022) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยการทำกิจกรรมที่ใช้เวลาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (time on task) เป็นการทำงานในลักษณะ 2-Back ที่กระตุ้นการมองเห็นและการได้ยินไปพร้อมกันเป็นระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง พบการเพิ่มของระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ลดระดับการเต้นของหัวใจ และมีการเพิ่มขึ้นของค่า rMSSD ค่า HF และค่า LF (Matuz et al., 2021) การเพิ่มขึ้นของ rMSSD จะแสดงถึงการเพิ่ม Vagal tone ที่เป็นผลมาจากการลดลงของการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic) ซึ่งคนที่มี Vagal tone สูงจะมีระยะเวลาตอบสนอง ความถูกต้องในขณะที่ทำการรู้คิดแบบบริหารมากกว่าคนที่มี Vagal tone ต่ำ (Zeng et al., 2023) การกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic) เพื่อต่อสู้กับความเหนื่อยล้าของร่างกายจะส่งผลให้ค่า LF เพิ่มขึ้น (Vicente et al., 2016) ในการศึกษาี้ แม้จะไม่มี ความแตกต่างระหว่างกลุ่มและเวลา แต่พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ rMSSD หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ผู้วิจัยคาดว่า การเพิ่มของ Vagal tone ของทั้ง 2 กลุ่มนี้น่าจะส่งผลทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองในการต้านทานการลดลงของการรู้คิดภายหลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด แต่การศึกษาของ Qin et al (2020) และ Lee et al (2022) พบการลดลงของค่า HF หลังการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ซึ่งค่า HF นั้นสัมพันธ์กับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตพิสัย แต่ในงานวิจัยนี้ทั้งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่เพิ่มค่า HF จากการวิจัยก่อนหน้าที่เปรียบเทียบความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจใน

นักบินทหารและบุคคลากรทางการแพทย์ในขณะเกิดความเครียดในขณะเข้าทำการฝึกการลงสภาพการบิน (Disoriental stimuli) ซึ่งไม่พบความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจจากการทดสอบ rMSSD HF LF และ LF/HF .ในนักบินแต่ในกลุ่มบุคคลากรทางการแพทย์จะมีการเปลี่ยนแปลงของความแปรปรวนอัตราเต้นของหัวใจ เนื่องจากนักบินมีการเผชิญกับความเครียดจากการทำงาน การเข้าแรงโน้มถ่วงในขณะทำการบินนั้นเป็นประจำ จะได้รับผลกระทบต่อความเครียดที่เกิดขึ้นน้อยกว่า จึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ (Tornero Aguilera et al., 2022) ดังนั้นการฝึกแบบผสมผสาน 12 สัปดาห์จึงน่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความผันแปรอัตราหัวใจเต้นที่เกิดจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย TloadDback เนื่องจากศิษย์การบินนั้นมีการปรับตัวจากการฝึกที่มีความเครียดอย่างสม่ำเสมอ

5. ผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด

ก่อนและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) และกลุ่มควบคุม (CG) มีระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (Fasting plasma glucose) ระดับไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูง (High density lipoprotein) ซีรัมบิตีเอ็นเอฟ (Brain-derived Neurotrophic Factor; BDNF) เพิ่มขึ้นและมีระดับไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (Low density lipoprotein) ที่ลดลง โดยที่กลุ่มควบคุม (CG) มีระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ฮีโมโกลบินฮีโมโกลบิน (Hemoglobin; Hb) ฮีมาโตคริต (Hematocrit; Hct) เพิ่มขึ้นภายในกลุ่ม และมีระดับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน (MG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีการจำกัดอาหาร ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงสามารถบริโภคอาหารได้อย่างเป็นอิสระ จึงคาดว่าจะสาเหตุให้ทำให้มีการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารและระดับไตรกลีเซอไรด์ในกลุ่มควบคุมและการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารในกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน ซึ่งการลดลงของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงและการเพิ่มขึ้นของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำของทั้ง 2 กลุ่มน่าจะเกิดจากการฝึกออกกำลังกาย ที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานได้มีการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกายของงานวิจัย และกลุ่มควบคุมทำการออกกำลังกายตามที่โรงเรียนการบินกำหนด โดยทั้ง 2 กลุ่มมีระยะเวลาการออกกำลังกายต่อวันไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้เกิดการลดลงของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงและการเพิ่มขึ้นของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำได้ ซึ่งกลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีแนวโน้มในการลดลงของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงและการเพิ่มขึ้นของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมากกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากการฝึก HIIT ที่ความหนักร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์สามารถเพิ่มไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงได้ร้อยละ 18.1 และลดระดับไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำได้ร้อยละ 2 (Musa et al., 2009) และการฝึก RT-BFR ก็ส่งผลต่อการไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงและระดับไตรกลีเซอไรด์ได้ (Sun et al., 2022) การเพิ่มขึ้นของไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นสูงและการลดลงของระดับไขมันไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานที่มีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม คาดว่าเป็นผลมาจาก

โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่เกิดจากการฝึก HIIT และ RT-BFR ทำให้เกิดการกระตุ้น mTOR ที่ส่งผลให้สร้างโปรตีนและไมโทคอนเดรีย (Mitochondria biogenesis) ที่ส่งผลให้ไมโทคอนเดรียมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพของไมโทคอนเดรียจะส่งผลต่อการออกซิเจนของ Intramyocellular lipids และยังทำให้เพิ่มการกระตุ้น AMPK ซึ่ง AMPK phosphorylation จะเพิ่มการออกซิเดชันของกรดไขมันและลดปริมาณ Intramyocellular lipids ได้ (Saatmann et al., 2021)

การเข้าแรงโน้มถ่วงที่ +3Gz กระตุ้นการเพิ่มขึ้นของฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบินในเลือดได้ ซึ่งเกิดจากการลดพลาสมาและปริมาตรเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) (László et al., 2001; Limper et al., 2020) ซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบินในกลุ่มควบคุม แต่การฝึกออกกำลังกายจะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของฮีโมโกลบินและปริมาณเม็ดเลือดแดง โดยจะกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง (Erythropoiesis) และเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงร่วมกับการเพิ่มของพลาสมาที่ส่งผลให้เพิ่มปริมาตรเลือด การเพิ่มการสร้างเม็ดเลือดแดงจะเกิดขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นไขกระดูก (Bone marrow) และการเพิ่มของ Reticulocytosis ที่จะพบเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการออกกำลังกายที่จะส่งผลให้เกิดการเพิ่มของฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบิน (Hu and Lin, 2012) จึงคาดว่าเป็นสาเหตุให้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการตอบแบบสอบถามสุขภาพพบว่ากลุ่มควบคุมมีอัตราการสูบบุหรี่อยู่ที่ร้อยละ 43 ในขณะที่กลุ่มฝึกแบบผสมผสานมีอัตราการสูบบุหรี่ที่ร้อยละ 30 จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ทำการสำรวจในระดับประชากรพบว่าคนที่สูบบุหรี่จะพบเม็ดเลือดขาว ฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบินสูงกว่าคนที่ไม่ได้สูบบุหรี่ ซึ่งในกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดขาว ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยไม่ได้มีการควบคุมการทานอาหารและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซึ่งการเพิ่มการทานอาหารประเภทเนื้อสัตว์และการดื่มแอลกอฮอล์จะส่งผลต่อการเพิ่มของฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบินได้ ผู้วิจัยคาดว่านี่น่าจะเป็นสาเหตุให้กลุ่มควบคุมมีปริมาณฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบินสูงกว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการจำกัดการสูบบุหรี่และติดตามข้อมูลการสูบบุหรี่ (Malenica et al., 2017; Pedersen et al., 2019) การบริโภคอาหารและแอลกอฮอล์

หลังการฝึก 12 สัปดาห์พบการเพิ่มขึ้นของซีรัมบีดีเอ็นเอฟ (Brain-derived Neurotrophic Factor; BDNF) ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มของ BDNF นั้นขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย (Reycraft et al., 2020) ซึ่งการฝึกแบบผสมผสานของการศึกษานี้ นั้นสามารถเพิ่มระดับ BDNF ได้ (Saucedo Marquez et al., 2015; Damirchi et al., 2018; Gregoire et al., 2019; Martínez-Díaz et al., 2020) เมื่อจำแนกการฝึกแต่ละส่วนพบว่าการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวนั้นสามารถกระตุ้นการเพิ่ม BDNF (Damirchi et al., 2018; Gregoire et al., 2019) การฝึก HIIT ที่ความหนักร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดเป็น

เวลา 60 วินาทีสลับกับความหนักเบาที่ 60 วินาทีจำนวน 10 ชุด สามารถเพิ่มระดับ BDNF ในเซรัมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Saucedo Marquez et al., 2015) และการฝึก HIIT ร่วมกับการฝึกการรู้คิดจะสามารถเพิ่มระดับ BDNF ได้มากกว่าการฝึก HIIT เพียงอย่างเดียว (Heisz et al., 2017) เนื่องจากการฝึก HIIT จะกระตุ้น Metabolic pathway ในกล้ามเนื้อซึ่งรวมถึงขบวนการไกลโคไลซิสที่มีการเพิ่มระดับของกรดแลคเตตในเลือดที่เพียงพอที่ส่งผลกระทบต่อสมอง ซึ่งมีปริมาณแลคเตตมากเพียงพอจะกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ NMDA receptor ซึ่งจะส่งผลให้เซลล์สมองหลังแคลเซียมไอออนที่จะส่งเสริมให้เพิ่มกิจกรรมของ CaMKII และส่งกระแสสัญญาณกระตุ้น Creb-BDNF transcription และทำให้มีการสร้าง BDNF ออกมา (Jimenez-Maldonado et al., 2018) นอกจากนี้การฝึก HIIT ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของไมโทคอนเดรียในสมองส่วนฮิปโปแคมปัสและส่งเสริมการหลั่ง BDNF อีกด้วย (Hu et al., 2021) ดังนั้นกลุ่มฝึกแบบผสมผสานจึงมีการเพิ่มขึ้นของ BDNF หลังการฝึก 12 สัปดาห์ โดยเฉพาะการฝึกที่มีการดูแลโดยผู้วิจัยตลอดการฝึก ที่จะทำให้นักกลุ่มฝึกแบบผสมผสานได้รับการกระตุ้นในขณะทำการฝึก HIIT ให้ระดับความหนักในการฝึกแต่ละครั้งมีการเพิ่มอัตราหัวใจเต้นขึ้นจนถึงที่ระดับร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุดได้ ซึ่งคาดว่าจะสาเหตุให้มีการเพิ่มของระดับ BDNF ในกลุ่มฝึกแบบผสมผสานเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการฝึกแบบผสมผสานเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ได้

ทั้ง 2 กลุ่มจะฝึกการบินด้วยเครื่องบินแบบที่ 19 ที่จะมีการเข้าแรงโน้มถ่วงที่ +3 - +6Gz ซึ่งหลังการเข้าฝึกความทนทานต่อการต้านแรงโน้มถ่วง (G-tolerance test) ที่ +6Gz เป็นระยะเวลา 30 วินาที ส่งผลให้เกิดการเพิ่มการหลั่ง BDNF ในกระแสเลือดได้ จึงคาดว่าศิษย์การบินที่ทำการฝึกบินต้านแรงโน้มถ่วงเป็นประจำจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการแนวโน้มเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF ในกลุ่มควบคุม จึงอาจจะทำให้ไม่พบความแตกต่างของการเพิ่มของ BDNF ระหว่างกลุ่ม

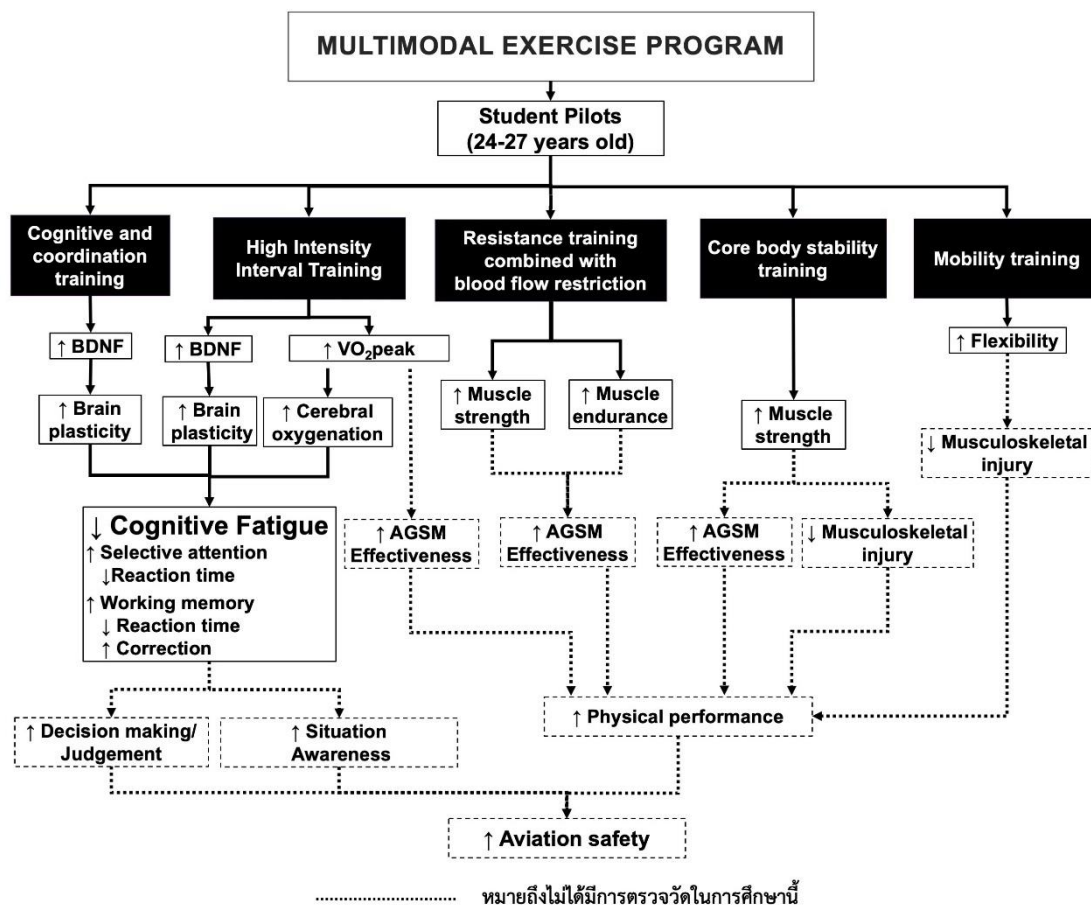
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการวิจัยในภาพรวม

โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานจำนวน 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ประกอบไปด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง ที่ความหนัก ร้อยละ 90 ของอัตราหัวใจเต้นสูงสุด จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ การฝึกแบบมีแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 20 ของหนักสูงสุดที่ยกได้ในครั้งเดียวร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ระดับความดันร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อจำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกาย โดยมุ่งเน้นในกลุ่มกล้ามเนื้อที่สำคัญในใช้การทำ Anti-G Straining Maneuver (AGSM) เพื่อป้องกันการเกิดอาการหมดสติจากการเผชิญแรงโน้มถ่วงโลก (G-

induced loss of consciousness; G-LOC) พร้อมทั้งเสริมสร้างสมรรถภาพระบบหัวใจและหายใจ ร่วมกับการป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความเหนื่อยล้าของการรู้คิด และการป้องกันอาการบาดเจ็บ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติหน้าที่จากการทำการบินที่ต้องเข้าเผชิญสภาวะการต้านแรงโน้มถ่วง ผล ของการศึกษานี้พบว่ากลุ่มฝึกแบบผสมผสาน สามารถพัฒนาองค์ประกอบร่างกายโดยการลดสัดส่วน ไขมันในร่างกายและเพิ่มสัดส่วนกล้ามเนื้อในร่างกาย พัฒนาความยืดหยุ่นของร่างกาย พัฒนาความ แข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ พัฒนาสมรรถภาพระบบหัวใจและหายใจ ลดผลกระทบของ ร่างกายเมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ได้แก่ ลดระยะเวลาตอบสนองในขณะที่ทำการรู้คิดด้าน สมรรถภาพการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เพิ่มความถูกต้องของการรู้คิดด้านความจำปฏิบัติการ ลด ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดแบบอัตวิสัย เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและการส่งออกซิเจนไปที่ สมองเพื่อสู้กับภาวะเหนื่อยล้าของการรู้คิด ด้วยการเพิ่มระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองขณะ ทำการรู้คิดแบบการเลือกที่จะใส่ใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งและการรู้คิดด้านความจำปฏิบัติการ การเพิ่มระดับ ซีรัมบีตีเอ็นเอฟในสมอง ลดระดับไลเดนซิติ์ไลโปโปรตีนและเพิ่มระดับไฮเดนซิติ์ไลโปโปรตีน (ดังรูปที่ 159)

จากที่กล่าวมาทั้งหมด ชี้ให้เห็นได้ว่าการฝึกแบบผสมผสานที่คิดค้นขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ มี ประโยชน์ในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและลดระดับความเหนื่อยล้าในนักบินขับไล่ได้ อัน น่าจะส่งผลให้ศิษย์การบินชั้นมัธยมที่รับการฝึกกับเครื่องบินฝึกแบบที่ 19 สามารถทำการบินได้อย่างมี ประสิทธิภาพและเสริมสร้างนิรภัยการบินของกองทัพอากาศไทยได้



รูปที่ 149 สรุปผลการวิจัยในภาพรวม

ข้อจำกัดของการดำเนินการวิจัย

1. เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นศิษย์การบินของกองทัพอากาศไทย ที่อยู่ในระหว่างการฝึกบิน และได้รับการประเมินผลการเรียนเพื่อการคัดเลือกเข้าประจำการในแบบในอนาคตในระดับชั้นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงไม่สามารถให้สิ่งแทรกแซงที่แตกต่างกันที่อาจจะส่งผลถึงผลของการฝึกบินหรือผลการเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถทำการจำแนกทั้ง 2 กลุ่มในชั้นเรียนเดียวกันได้ ผู้วิจัยจึงต้องใช้การสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงตามชั้นเรียนของศิษย์การบินแทน ดังนั้นจึงส่งผลให้อายุของ 2 กลุ่มมีความแตกต่างของอายุอย่างน้อย 1 ปี

2. เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นศิษย์การบินของกองทัพอากาศไทยเป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะ และมีจำนวนจำกัด จึงทำให้มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงต้องทำการสุ่มตัวอย่างแบบการเลือกกลุ่มประชากรทั้งหมด (Total population sampling) ที่มีอยู่ในชั้นเรียน

3. เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นบุคคลากรของกองทัพอากาศไทย ข้อมูลงานวิจัยจึงอยู่ในชั้นความลับ “ลับ” ผู้วิจัยไม่สามารถรายงานข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรได้ จึงรายงานข้อมูลเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงแทน

4 เป็นศิษย์การบินของกองทัพอากาศไทยอยู่ในช่วงเก็บข้อมูลวิจัยมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทางโรงเรียนไม่อนุญาตให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากโรงเรียนระหว่างการฝึกบิน จึงส่งผลให้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเดินทางเข้ารับการทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ ผู้วิจัยจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงการทดสอบบางรายการ จากการทดสอบด้วยวิธีการทางห้องปฏิบัติการเป็นการทดสอบภาคสนามแทน เช่น เปลี่ยนการวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual-energy X-ray absorptionmetry, DEXA) เป็นการทดสอบด้วย Bioelectric impedance analysis (BIA) เปลี่ยนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic dynamometer) เป็นการทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงดึงหลังและขา (Back-leg lift dynamometer) และการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ (Hand grip dynamometer) แทน

5. การวิจัยนี้ไม่มีการควบคุมอาหารและบันทึกการรับประทานอาหารระหว่างการเข้าร่วมการฝึกออกกำลังกาย จึงอาจส่งผลกระทบต่อตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือดได้ เช่น ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร ระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ ระดับฮีโมโกลบินและระดับฮีมาโตคริต เป็นต้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้ทราบผลของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิด สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับสุขภาพ การส่งออกซิเจนไปสมอง ความผันแปรของอัตราเต้นของหัวใจ ในศิษย์การบินกองทัพอากาศที่ทำการบินกับเครื่องบินที่ 19 ได้

2. เกิดองค์ความรู้ของรูปแบบการออกกำลังที่เหมาะสมกับการเตรียมตัวเป็นนักบินขับไล่ โจมตีของกองทัพอากาศไทย ที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย ลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสามารถนำไปใช้ในการฝึกในชีวิตประจำวันได้

3. ได้ข้อมูลในการเสริมสร้างนिरภัยการบิน การลดความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุทางการบินจากการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

4. ได้องค์ความรู้ใหม่ในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักบินกองทัพอากาศไทย อันจะนำไปพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยเพื่อส่งเสริมศักยภาพของนักบินกองทัพอากาศไทยได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานเป็นการฝึกที่ปลอดภัยไม่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อในศิษย์การบิน แต่ควรมีผู้ควบคุมตลอดการฝึก

2. ควรทำการทดสอบและพัฒนาโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานในกลุ่มนักบินที่มีประสบการณ์ทำการบินในเครื่องบินแบบเดียวกัน

3. ควรทำการควบคุมอาหารและการรับประทานอาหารระหว่างของผู้เข้าร่วมงานวิจัย เพื่อที่จะลดปัจจัยแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจากการรับประทานอาหารได้



บรรณานุกรม

กรมสุขภาพจิต. (2561). *แบบวัดความเครียดสวนปรุง (SPST-20)*

http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/ประชุม/20-21_11_61/C_4.pdf

กรมสุขภาพจิต. (2563a, 3 มกราคม). *นาฬิกาชีวิต (Body Clock)*.

<https://www.dmh.go.th/news/view.asp?id=2275>

กรมสุขภาพจิต. (2563b, 13 พฤษภาคม). *ผ่า 4 กลุ่มความเครียดที่กระทบสุขภาพ เครียดแบบเราจัดอยู่กลุ่มไหน?*. <https://www.dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=30321>

กระทรวงการคลัง (2549) *ระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยเงินเพิ่มพิเศษผู้บังคับอากาศยาน*.

<https://j1.rtarf.mi.th/new/index.php/2016-11-14-01-23-53/โครงการจ่ายตรง>

เงินเดือน/file/174-ระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยเงินเพิ่มพิเศษผู้บังคับอากาศยาน-ฉบับที่-2-พ-ศ-2549

กองทัพบก.(2558). *คู่มือการพัฒนาสมรรถภาพร่างกายทหาร*.

กองทัพอากาศ. (2563). *ระเบียบกองทัพอากาศ ว่าด้วยการแยกประเภทกำลังพลกองทัพอากาศ พ.ศ. ๒๕๖๑ ฉบับที่ ๒*

กองทัพอากาศ. (2556). *ระเบียบกองทัพอากาศ ว่าด้วยมาตรฐานการตรวจทางแพทย์ของผู้ทำการในอากาศของกองทัพอากาศ พ.ศ.๒๕๕๖*.

กองทัพอากาศ. (2559). *ระเบียบกองทัพอากาศว่าด้วยการคัดเลือกศิษย์การบินของกองทัพอากาศ พ.ศ.๒๕๕๙*.

กองทัพอากาศ. (2561). *ระเบียบกองทัพอากาศ ว่าด้วยการแยกประเภทกำลังพลกองทัพอากาศ พ.ศ. ๒๕๖๑*

ดร.นพ.ดร.น. สุขสม. (2561). *การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพ.ดร.น. ธรรมคัมภีร์, รัตนา ลีลาวัฒนา และ อัจฉรา ธรรมประสิทธิ์. (2547). *การวัดปริมาณไขมันในร่างกาย*. *สงขลานครินทร์เวชสาร*. 22(2), 95-99.

ปัทมา เกิดกาญจน์, วรสิทธิ์ ศิริพรพาณิชย์, อมรพันธ์ อัจฉิมาร, ณัฐวิ ศรีเกตุ, ภูติส ศรีเกตุ, และ วาริ วิตจาया. (2558). *ผลของการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์แบบฉับพลันต่อคลื่นไฟฟ้าสมองและเวลา*

ปฏิกริยาการตอบสนองในกลุ่มวัยรุ่นที่ออกกำลังกายเป็นประจำและไม่ค่อยออกกำลังกาย.
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา. 17(2), 55-67.

พิเชฐ อุดมรัตน์, พิสมัย ยอดพรหม, ฐิติวร ชูวง. (2550). การศึกษาความไวและความจำเพาะของ Morning – Evening Questionnaire ฉบับภาษาไทย (T-MEQ) กับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิร่างกายในรอบวัน. วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย. 52(4), 352-367.
<http://medinfo2.psu.ac.th/commed/research/thitiworn/thitiworn14oct2008-2.pdf>

พัลพงศ์ สุวรรณวาทีน. (2559). การรับรู้ภาระงานและความเหนื่อยหน่ายใน การทำงานของพนักงานต้อนรับบนเครื่องบิน โดยมีการสื่อสารภายในองค์กรและความเครียดในการทำงานเป็นตัวแปรกำกับ.[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. Library Thammasat University.
http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5606035268_5296_4109.pdf

มหาวิทยาลัยมหิดล. (2564, 23 มิถุนายน). คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพยาธิวิทยา
คลินิก: Cortisol.
<https://www.si.mahidol.ac.th/th/manual/Project/pdf/cortisol.pdf>

แมนสรวง สุวรรณ. (2549). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลาออกจากกองทัพอากาศของนักบินขับไล่ไอ
พันแบบ 19 (F-16). [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
<https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/183271>

วิฑูรย์ กล่อกระโทก และ ประสิทธิ์ พุทธศาสน์ศรีธธา. (2560). พุทธิปัญญา: พัฒนาการมนุษย์ที่สมบูรณ์.
วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์, 3(2), 106-114.<https://so03.tcithaijo.org/index.php/jssr/issue/view/16842/Full%20%20Text>

สุพิตร สมานิติโต. (2556). คู่มือแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกาย สำหรับประชาชน
ไทย อายุ 19-59 ปี. สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและ
กีฬา.

สมาคมอูเรเวชแห่งประเทศไทย. (2561). แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอด สไปโรเมตรี.
<https://thaichest.files.wordpress.com/2019/08/guidelinepft.pdf>

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2561). การทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ
สำหรับบุคคลทั่วไป.

<http://www.cusc.chula.ac.th/wordpress/wpcontent/uploads/2018/08/12fc494839335ca0e77b12f248602a74.pdf>

องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย. (2564). *วิกฤตโควิดไม่กระทบการผลิตนักบินรบ*. <https://news.thaipbs.or.th/content/302122>

อภิขญา คล้ายมนต์. (2558). การตรวจหามวลไขมัน, กล้ามเนื้อ และกระดูกด้วยวิธี Dual Energy X-ray Absorptionmetry. *วารสารรังสีวิทยาศิริราช*, 2(1), 1-12.

Abe, T., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., & Bembem, M. G. (2012). Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(4), 247–252.

Ackerman, P. L., & Kanfer, R. (2009). Test length and cognitive fatigue: an empirical examination of effects on performance and test-taker reactions. *Journal of experimental psychology. Applied*, 15(2), 163–181. <https://doi.org/10.1037/a0015719>

Aghajani, H., Garbey, M., & Omurtag, A. (2017). Measuring Mental Workload with EEG+fNIRS. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 359. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00359>

Ajjimaporn, A., Ramyarangsi, P., & Siripornpanich, V. (2020). Effects of a 20-min Nap after Sleep Deprivation on Brain Activity and Soccer Performance. *International journal of sports medicine*, 41(14), 1009–1016. <https://doi.org/10.1055/a-1192-6187>

Albinet, C. T., Mandrick, K., Bernard, P. L., Perrey, S., & Blain, H. (2014). Improved cerebral oxygenation response and executive performance as a function of cardiorespiratory fitness in older women: a fNIRS study. *Frontiers in aging neuroscience*, 6, 2

Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Anvar, S. H., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Resistance Training Induces Improvements in Range of

- Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 53(3), 707–722. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x>
- Angius, L., Merlini, M., Hopker, J., Bianchi, M., Fois, F., Piras, F., Cugia, P., Russell, J., & Marcora, S. M. (2022). Physical and Mental Fatigue Reduce Psychomotor Vigilance in Professional Football Players. *International journal of sports physiology and performance*, 17(9), 1391–1398. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0387>
- Atakan, M. M., Li, Y., Koşar, Ş. N., Turnagöl, H. H., & Yan, X. (2021). Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 7201. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137201>
- Bain, B., Jacobs, I., & Buick, F. (1992). Effect of simulated air combat maneuvering on muscle glycogen and lactate. *Aviation, space, and environmental medicine*, 63(6), 505–509.
- Basner, M., & Dinges, D. F. (2011). Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss. *Sleep*, 34(5), 581–591. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.5.581>
- Bateman, W. A., Jacobs, I., & Buick, F. (2006). Physical conditioning to enhance +Gz tolerance: issues and current understanding. *Aviation, space, and environmental medicine*, 77(6), 573–580.
- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Brain research. Cognitive brain research*, 25(1), 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>
- Boksem, M. A., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Borrağán, G., Slama, H., Destrebecqz, A., & Peigneux, P. (2016). Cognitive Fatigue Facilitates Procedural Sequence Learning. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 86. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00086>

- Borragán, G., Slama, H., Bartolomei, M., & Peigneux, P. (2017). Cognitive fatigue: A Time-based Resource-sharing account. *Cortex*, 89, 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.01.023>
- Brandner, C. R., Clarkson, M. J., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2019). Muscular Adaptations to Whole Body Blood Flow Restriction Training and Detraining. *Frontiers in physiology*, 10, 1099. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01099>
- Bray, S. R., Graham, J. D., Martin Ginis, K. A., & Hicks, A. L. (2012). Cognitive task performance causes impaired maximum force production in human hand flexor muscles. *Biological psychology*, 89(1), 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.10.008>
- British Medical Ultrasound Society. (2010). *Guidelines for the safe use of diagnostic ultrasound equipment*. <https://www.bmus.org/static/uploads/resources/BMUS-Safety-Guidelines-2009-revision-FINAL-Nov-2009.pdf>
- Bryant, J., Cooper, D. J., Peters, D. M., & Cook, M. D. (2023). The Effects of Static Stretching Intensity on Range of Motion and Strength: A Systematic Review. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 8(2), 37. <https://doi.org/10.3390/jfmk8020037>
- Burton, R. R., Whinnery, J. E., & Forster, E. M. (1987). Anaerobic energetics of the simulated aerial combat maneuver (SACM). *Aviation, space, and environmental medicine*, 58(8), 761–767.
- Calverley, T. A., Ogoh, S., Marley, C. J., Steggall, M., Marchi, N., Brassard, P., Lucas, S. J. E., Cotter, J. D., Roig, M., Ainslie, P. N., Wisløff, U., & Bailey, D. M. (2020). HIITing the brain with exercise: mechanisms, consequences and practical recommendations. *The Journal of physiology*, 598(13), 2513–2530. <https://doi.org/10.1113/JP275021>
- Camandola, S., & Mattson, M. P. (2017). Brain metabolism in health, aging, and neurodegeneration. *The EMBO journal*, 36(11), 1474–1492. <https://doi.org/10.15252/emj.201695810>

- Campa, F., Gobbo, L. A., Stagi, S., Cyrino, L. T., Toselli, S., Marini, E., & Coratella, G. (2022). Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *European journal of applied physiology*, 122(3), 561–589. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04879-y>
- Chen, R., Liang, F. X., Moriya, J., Yamakawa, J., Sumino, H., Kanda, T., & Takahashi, T. (2008). Chronic fatigue syndrome and the central nervous system. *The Journal of international medical research*, 36(5), 867–874. <https://doi.org/10.1177/147323000803600501>
- Cho, K. H., Beom, J. W., Lee, T. S., Lim, J. H., Lee, T. H., & Yuk, J. H. (2014). Trunk muscles strength as a risk factor for nonspecific low back pain: a pilot study. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(2), 234–240. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.2.234>
- Choi B., Kim, D., Kim, M. & Hwang, S. (2014). Effectiveness of EMG in Development of G-induced Loss of Consciousness (G-LOC) Warning System. *Proceedings of the International Conference on Biomedical Engineering and Systems* (pp. 129). https://avestia.com/ICBES2014_Proceedings/papers/129.pdf
- Christiansen, D., Eibye, K. H., Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2019). Blood flow-restricted training enhances thigh glucose uptake during exercise and muscle antioxidant function in humans. *Metabolism: clinical and experimental*, 98, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2019.06.003>
- Chuang, C. H., Cao, Z., King, J. T., Wu, B. S., Wang, Y. K., & Lin, C. T. (2018). Brain Electrodynamic and Hemodynamic Signatures Against Fatigue During Driving. *Frontiers in neuroscience*, 12, 181. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00181>
- Cohen, S. P., Gallagher, R. M., Davis, S. A., Griffith, S. R., & Carragee, E. J. (2012). Spine-area pain in military personnel: a review of epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment. *The spine journal*, 12(9), 833–842.

- Copp, E. K., & Green, N. R. (1991). Dietary intake and blood lipid profile survey of fighter pilots at Tyndall Air Force Base. *Aviation, space, and environmental medicine*, 62(9 Pt 1), 837–841.
- Corvino, R. B., Rossiter, H. B., Loch, T., Martins, J. C., & Caputo, F. (2017). Physiological responses to interval endurance exercise at different levels of blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 117(1), 39–52. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3497-5>
- Damos, D.L., Schwartz, K.L., Weissmuller, J. (2011). Knowledge, Skills, Abilities, and Other Characteristics for Military Pilot Selection: A Review of the Literature. *Air Force Personnel Center. Strategic Research and Assessment* <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA546965.pdf>
- Daugherty, A.M., Zwilling, C, Paul, E.J., Sherepa, N., Allen, C., Kramer, A.F., Hillman, C.H., Cohen, N.J., Barbey, A.K. (2018). Multi-modal fitness and cognitive training to enhance fluid intelligence, *Intelligence*, (66), 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2017.11.001>.
- Davids, C. J., Raastad, T., James, L. P., Gajanand, T., Smith, E., Connick, M., McGorm, H., Keating, S., Coombes, J. S., Peake, J. M., & Roberts, L. A. (2021). Similar Morphological and Functional Training Adaptations Occur Between Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction. *Journal of strength and conditioning research*, 35(7), 1784–1793. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004034>
- de Sousa, A. F. M., Medeiros, A. R., Benitez-Flores, S., Del Rosso, S., Stults-Kolehmainen, M., & Boulosa, D. A. (2018). Improvements in Attention and Cardiac Autonomic Modulation After a 2-Weeks Sprint Interval Training Program: A Fidelity Approach. *Front Physiol*, 9, 241. doi:10.3389/fphys.2018.00241
- Dehghan, M., & Merchant, A. T. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies?. *Nutrition journal*, 7, 26. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-7-26>

- Delliaux, S., Delaforce, A., Deharo, J. C., & Chaumet, G. (2019). Mental Workload Alters Heart Rate Variability, Lowering Non-linear Dynamics. *Frontiers in physiology*, 10, 565. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00565>
- Demirakca, T., Cardinale, V., Dehn, S., Ruf, M., & Ende, G. (2016). The Exercising Brain: Changes in Functional Connectivity Induced by an Integrated Multimodal Cognitive and Whole-Body Coordination Training. *Neural plasticity*, 2016, 8240894. <https://doi.org/10.1155/2016/8240894>
- Derasse, M., Lefebvre, S., Liistro, G., & Reychler, G. (2021). Chest Expansion and Lung Function for Healthy Subjects and Individuals With Pulmonary Disease. *Respiratory care*, 66(4), 661–668.
- Diamond A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dienel G. A. (2019). Brain Glucose Metabolism: Integration of Energetics with Function. *Physiological reviews*, 99(1), 949–1045. <https://doi.org/10.1152/physrev.00062.2017>
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., Liu, C. S., Sherman, C., Chan, S., & Lanctôt, K. L. (2016). The Effect of Exercise Training on Resting Concentrations of Peripheral Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF): A Meta-Analysis. *PloS one*, 11(9), e0163037. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163037>
- Ducrocq, E., Wilson, M., Smith, T. J., & Derakshan, N. (2017). Adaptive Working Memory Training Reduces the Negative Impact of Anxiety on Competitive Motor Performance. *Journal of sport & exercise psychology*, 39(6), 412–422. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0217>
- Durantini, G., Gagnon, J., Tremblay, S., & Dehais, F. (2014). Using near infrared spectroscopy and heart rate variability to detect mental overload. *Behavioural Brain Research*, 259, 16–23.
- Early, K. S., Rockhill, M., Bryan, A., Tyo, B., Buuck, D., & McGinty, J. (2020). EFFECT OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING ON MUSCULAR PERFORMANCE, PAIN AND

- VASCULAR FUNCTION. *International journal of sports physical therapy*, 15(6), 892–900. <https://doi.org/10.26603/ijsp20200892>
- Eiken, O., Mekjavic, I., Sundblad, P., & Kölegård, R. (2012). G tolerance vis-à-vis pressure-distension and pressure-flow relationships of leg arteries. *European journal of applied physiology*, 112(10), 3619–3627. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2349-1>
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C. V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *The Neuroscientist : a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 25(1), 65–85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- Endo, K., Matsukawa, K., Liang, N., Nakatsuka, C., Tsuchimochi, H., Okamura, H., & Hamaoka, T. (2013). Dynamic exercise improves cognitive function in association with increased prefrontal oxygenation. *The journal of physiological sciences*, 63(4), 287–298. <https://doi.org/10.1007/s12576-013-0267-6>
- Ercan, E., Gunduz, S.H. The Effects of Acceleration Forces on Cognitive Functions. *Microgravity Sci. Technol.* **32**, 681–686 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12217-020-09793-0>
- Faber, L. G., Maurits, N. M., & Lorist, M. M. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. *PloS one*, 7(10), e48073. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048073>
- Farrell, S. W., Leonard, D., Shuval, K., DeFina, L. F., Barlow, C. E., Pavlovic, A., & Haskell, W. L. (2021). Cardiorespiratory fitness, white blood cell count, and mortality in men and women. *Journal of sport and health science*, S2095-2546(21)00112-5. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.10.005>
- Fard, S. J., Boroujeni, S.T. & Lavender, A.P. (2019) Mental fatigue impairs simple reaction time in non-athletes more than athletes, *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, 7:3, 117-126, DOI: 10.1080/21641846.2019.1632614

- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). *G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences*. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
- Fine, J. M., & Hayden, B. Y. (2022). The whole prefrontal cortex is premotor cortex. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 377(1844), 20200524. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0524>
- Fischer, M., Stone, J., Hawkes, T., Strang, A., & Eveland, E. (2015). Integrative physical and cognitive training development to better meet airmen mission requirements. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015, Procedia Manufacturing 3 (2015)*, 1580-1586
- Fischer, J.P., Secher, N.H. (2019). Regulation of Heart Rate and Blood Pressure During Exercise in Humans: Chapter 24. *Muscle and Exercise Physiology*, Academic Press.
- Fleddermann, M. T., Heppe, H., & Zentgraf, K. (2019). Off-Court Generic Perceptual-Cognitive Training in Elite Volleyball Athletes: Task-Specific Effects and Levels of Transfer. *Frontiers in psychology*, 10, 1599. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01599>
- Funke, M. E., Warm, J. S., Matthews, G., Riley, M., Finomore, V., Funke, G. J., Knott, B., & Vidulich, M. A. (2010). A Comparison of Cerebral Hemovelocity and Blood Oxygen Saturation Levels during Vigilance Performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(18), 1345-1349.
- García-Suárez, PC., Rentería, I., Plaisance, E.P. Moncada-Jiménez, J., & Jiménez-Maldonado. (2021). The effects of interval training on peripheral brain derived neurotrophic factor (BDNF) in young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 11, 8937. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88496-x>
- Gavelin, H. M., Dong, C., Minkov, R., Bahar-Fuchs, A., Ellis, K. A., Lautenschlager, N. T., Mellow, M. L., Wade, A. T., Smith, A. E., Finke, C., Krohn, S., & Lampit, A. (2021). Combined physical and cognitive training for older adults with and without

- cognitive impairment: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Ageing research reviews*, 66, 101232. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101232>
- Gildner, T. E., Liebert, M. A., Kowal, P., Chatterji, S., & Josh Snodgrass, J. (2014). Sleep duration, sleep quality, and obesity risk among older adults from six middle-income countries: findings from the study on global AGEing and adult health. *American journal of human biology*, 26(6), 803–812. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22603>
- Gomes, S., Mendes, P., Costa, L., Bulhões, L., Borges, D. T., Macedo, L. B., & Brasileiro, J. (2021). Factors associated with low back pain in air force fighter pilots: a cross-sectional study. *BMJ military health*, bmjmilitary-2021-001851. Advance online publication. Gilgen-Ammann, R., Schweizer, T., & Wyss, T. (2019). RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. *European journal of applied physiology*, 119(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04142-5>
- Gui, D., Xu, S., Zhu, S., Fang, Z., Spaeth, A. M., Xin, Y., Feng, T., & Rao, H. (2015). Resting spontaneous activity in the default mode network predicts performance decline during prolonged attention workload. *NeuroImage*, 120, 323–330.
- Guo, Z., Chen, R., Zhang, K., Pan, Y., & Wu, J. (2016). The Impairing Effect of Mental Fatigue on Visual Sustained Attention under Monotonous Multi-Object Visual Attention Task in Long Durations: An Event-Related Potential Based Study. *PLoS one*, 11(9), e0163360. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163360>
- Gradwell, D. P., & Rainford D. J. (2016). *Ernsting's aviation and space medicine*, 5th, CRC Press.
- Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., Hallstrand, T. S., Kaminsky, D. A., McCarthy, K., McCormack, M. C., Oropez, C. E., Rosenfeld, M., Stanojevic, S., Swanney, M. P., & Thompson, B. R. (2019). Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic

- Society and European Respiratory Society Technical Statement. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 200(8), e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
- Green, N. D. C. (2016). Long duration acceleration. In D. P. Gradwell & D. J. Rainford (Eds.), *Ernsting's aviation and space medicine* (5th ed., pp. 131–156). CRC Press. open Conference on Cognitive Ergonomics (pp. 67–74).
- Griggs, S., Harper, A., & Hickman, R. L., Jr (2022). A systematic review of sleep deprivation and neurobehavioral function in young adults. *Applied nursing research*, 63, 151552. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2021.151552>
- Groennebaek, T., Jespersen, N. R., Jakobsgaard, J. E., Sieljacks, P., Wang, J., Rindom, E., Musci, R. V., Bøtker, H. E., Hamilton, K. L., Miller, B. F., de Paoli, F. V., & Vissing, K. (2018). Skeletal Muscle Mitochondrial Protein Synthesis and Respiration Increase With Low-Load Blood Flow Restricted as Well as High-Load Resistance Training. *Frontiers in physiology*, 9, 1796.
- [Hamann, A., Carstengerdes, N. \(2023\). Assessing the development of mental fatigue during simulated flights with concurrent EEG-fNIRS measurement. *Sci Rep*, 13, 4738.](#)
- [Hamblin-Frohman, Z., & Becker, S. I. \(2023\). Attentional selection is a sufficient cause for visual working memory interference. *Journal of vision*, 23\(7\), 15.](#)
- [Hardie D. G. \(2011\). AMP-activated protein kinase: an energy sensor that regulates all aspects of cell function. *Genes & development*, 25\(18\), 1895–1908.](#)
- [Hargreaves, M., Spriet, L.L. \(2020\). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab*, 2, 817–828](#)
- Harris, D. J., Wilson, M. R., Crowe, E. M., & Vine, S. J. (2020). Examining the roles of working memory and visual attention in multiple object tracking expertise. *Cognitive processing*, 21(2), 209–222. <https://doi.org/10.1007/s10339-020-00954-y>

- Harris, S., & Bray, SR. (2021). Mental fatigue, anticipated effort, and subjective valuations of exercising predict choice to exercise or not: A mixed-methods study. *Psychology of Sport and Exercise*, 54, 101924.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Harvey P. D. (2019). Domains of cognition and their assessment. *Dialogues in clinical neuroscience*, 21(3), 227–237. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2019.21.3/pharvey>
- Hawiset, T., & Inkeaw, P. (2020). Effects of Stress and Cortisol on the Brain Behavioral Functions: Mood and Memory. *Srinagarind Med J.* 35(4), 496-511. http://www.smj.ejnal.com/e-journal/showdetail/showpdf.php?file_pdf=2477_17_Thaneeya.pdf&art_id=2477
- Hayes, L. D., Herbert, P., Sculthorpe, N., & Grace, F. (2020). High intensity interval training (HIIT) produces small improvements in fasting glucose, insulin, and insulin resistance in sedentary older men but not masters athletes. *Experimental gerontology*, 140, 111074. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111074>
- Heisz, J. J., Clark, I. B., Bonin, K., Paolucci, E. M., Michalski, B., Becker, S., & Fahnstock, M. (2017). The Effects of Physical Exercise and Cognitive Training on Memory and Neurotrophic Factors. *Journal of cognitive neuroscience*, 29(11), 1895–1907. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01164
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Helldin, T., Falkman, G., Alfredson, J., & Holmberg, J. (2011). The applicability of human-centered automation guidelines in the fighter aircraft domain. In A. Dittmar & P. Forbrig (Eds.), *Proceedings of the 29th Annual Eur.*

- Hendker, A., & Eils, E. (2021). A Group-Based 8-Week Functional Interval-Type Outdoor Training Program Improves Physical Performance in Recreationally Active Adults. *Frontiers in sports and active living*, 3, 627853. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.627853>
- Herold, F., Törpel, A., Schega, L., & Müller, N. G. (2019). Functional and/or structural brain changes in response to resistance exercises and resistance training lead to cognitive improvements - a systematic review. *European review of aging and physical activity*, 16, 10. <https://doi.org/10.1186/s11556-019-0217-2>
- Herzig, S., Shaw, R. (2018). AMPK: guardian of metabolism and mitochondrial homeostasis. *Nat Rev Mol Cell Biol*, 19, 121–135 <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.95>
- Hesketh, K. L., Church, H., Kinnafick, F., Stöggherd, S. O., Wagenmakers, A., Cocks, M., & Strauss, J. A. (2021). Evidence-based vs. social media based high-intensity interval training protocols: Physiological and perceptual responses. *PloS one*, 16(9), e0257685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257685>
- Holtzer, R., Shuman, M., Mahoney, J. R., Lipton, R., & Verghese, J. (2011). Cognitive fatigue defined in the context of attention networks. *Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*, 18(1), 108–128. <https://doi.org/10.1080/13825585.2010.517826>
- Honkanen, T., Rintala, H., Vaara, J. P., & Kyröläinen, H. (2020). Muscular Fitness Improves during the First Year of Academy Studies among Fighter Pilot Cadets. *International journal of environmental research and public health*, 17(24), 9168. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249168>
- Hopstaken, J. F., van der Linden, D., Bakker, A. B., & Kompier, M. A. (2015). A multifaceted investigation of the link between mental fatigue and task disengagement. *Psychophysiology*, 52(3), 305–315. <https://doi.org/10.1111/psyp.12339>
- Hu, M., & Lin, W. (2012). Effects of exercise training on red blood cell production: implications for anemia. *Acta haematologica*, 127(3), 156–164. <https://doi.org/10.1159/000335620>

- Hu, X., & Lodewijks, G. (2020). Detecting fatigue in car drivers and aircraft pilots by using non-invasive measures: The value of differentiation of sleepiness and mental fatigue. *Journal of safety research*, 72, 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.12.015>
- Hu, J., Cai, M., Shang, Q., Li, Z., Feng, Y., Liu, B., Xue, X., & Lou, S. (2021). Elevated Lactate by High-Intensity Interval Training Regulates the Hippocampal BDNF Expression and the Mitochondrial Quality Control System. *Frontiers in physiology*, 12, 629914. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.629914>
- Huang, Z., Zhang, Y., Zhou, R., Yang, L., & Pan, H. (2021). Lactate as Potential Mediators for Exercise-Induced Positive Effects on Neuroplasticity and Cerebrovascular Plasticity. *Frontiers in physiology*, 12, 656455. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.656455>
- Hwang, C. L., Lim, J., Yoo, J. K., Kim, H. K., Hwang, M. H., Handberg, E. M., Petersen, J. W., Holmer, B. J., Leey Casella, J. A., Cusi, K., & Christou, D. D. (2019). Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Experimental gerontology*, 116, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.12.013>
- Hwangbo, P. N., Hwangbo, G., Park, J., & Lee, S. (2014). The Effect of Thoracic Joint Mobilization and Self-stretching Exercise on Pulmonary Functions of Patients with Chronic Neck Pain. *Journal of physical therapy science*, 26(11), 1783–1786. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1783>
- Izzetoglu, K., Bunce, S., Onaral, B., Pourrezaei, K., & Chance, B. (2004). Functional optical brain imaging using near-infrared during cognitive tasks. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 17(2), 211–227. https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc1702_6
- Jacquet, T., Lepers, R., Poulin-Charronnat, B., Bard, P., Pfister, P., & Pageaux, B. (2021). Mental fatigue induced by prolonged motor imagery increases perception of effort and the activity of motor areas. *Neuropsychologia*, 150, 107701. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107701>

- Jalalvandi, M., ZahediNiya, M., Kargar, J., Karimi, S.A., Sharini, H., & Goodarzi, N. (2020). Brain Functional Mechanisms in Attentional Processing Following Modified Conflict Stroop Task. *Journal of biomedical physics & engineering*, 10(4), 493–506.
- Japee, S., Holiday, K., Satyshur, M. D., Mukai, I., & Ungerleider, L. G. (2015). A role of right middle frontal gyrus in reorienting of attention: a case study. *Frontiers in systems neuroscience*, 9, 23. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00023>
- Jiménez-Maldonado, A., Rentería, I., García-Suárez, P. C., Moncada-Jiménez, J., & Freire-Royes, L. F. (2018). The Impact of High-Intensity Interval Training on Brain Derived Neurotrophic Factor in Brain: A Mini-Review. *Frontiers in neuroscience*, 12, 839. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00839>
- Jin, M., Ji, L., & Peng, H. (2019). The Relationship Between Cognitive Abilities and the Decision-Making Process: The Moderating Role of Self-Relevance. *Frontiers in psychology*, 10, 1892. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01892>
- Karstoft, K., Brinkløv, C. F., Thorsen, I. K., Nielsen, J. S., & Ried-Larsen, M. (2017). Resting Metabolic Rate Does Not Change in Response to Different Types of Training in Subjects with Type 2 Diabetes. *Frontiers in endocrinology*, 8, 132. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00132>
- Katch V.L., McArdle W.D., & Katch F.I. (2011). *Essentials of Exercise Physiology* (4th edition). Wolters Kluwer business.
- Kato, Y., Endo, H., & Kizuka, T. (2009). Mental fatigue and impaired response processes: event-related brain potentials in a Go/NoGo task. *International journal of psychophysiology*, 72(2), 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.008>
- Ke, R., Xu, Q., Li, C., Luo, L., & Huang, D. (2018). Mechanisms of AMPK in the maintenance of ATP balance during energy metabolism. *Cell biology international*, 42(4), 384–392. <https://doi.org/10.1002/cbin.10915>
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on

- body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(1), 118–125. <https://doi.org/10.12965/jer.1835124.562>
- Kimura, T., & Matsuura, R. (2021). Changes in brain activity induced by the N-back task are related to improved dual-task performance. *Behavioural brain research*, 396, 112881. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112881>
- Kobayashi, A., Kikukawa, A., & Onozawa, A. (2002). Effect of muscle tensing on cerebral oxygen status during sustained high +Gz. *Aviation, space, and environmental medicine*, 73(6), 597–600.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Kölegård, R., Mekjavic, I. B., & Eiken, O. (2013). Effects of physical fitness on relaxed G-tolerance and the exercise pressor response. *European journal of applied physiology*, 113(11), 2749–2759. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2710-z>
- Kolnes, K. J., Petersen, M. H., Lien-Iversen, T., Højlund, K., & Jensen, J. (2021). Effect of Exercise Training on Fat Loss-Energetic Perspectives and the Role of Improved Adipose Tissue Function and Body Fat Distribution. *Frontiers in physiology*, 12, 737709. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.737709>
- Kudesia, R. S., Pandey, A., & Reina, C. S. (2022). Doing More With Less: Interactive Effects of Cognitive Resources and Mindfulness Training in Coping With Mental Fatigue From Multitasking. *Journal of Management*, 48(2), 410–439. <https://doi.org/10.1177/0149206320964570>
- Laird, R. A., Gilbert, J., Kent, P., & Keating, J. L. (2014). Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis.

- BMC musculoskeletal disorders*, 15, 229. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-229>
- Lamberts, R. P., Swart, J., Noakes, T. D., & Lambert, M. I. (2009). Changes in heart rate recovery after high-intensity training in well-trained cyclists. *European journal of applied physiology*, 105(5), 705–713. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0952-y>
- Lanza, F.deC., de Camargo, A. A., Archija, L. R., Selman, J. P., Malaguti, C., & Dal Corso, S. (2013). Chest wall mobility is related to respiratory muscle strength and lung volumes in healthy subjects. *Respiratory care*, 58(12), 2107–2112. <https://doi.org/10.4187/respcare.02415>
- Larsen, R. G., Maynard, L., & Kent, J. A. (2014). High-intensity interval training alters ATP pathway flux during maximal muscle contractions in humans. *Acta physiologica*, 211(1), 147–160. <https://doi.org/10.1111/apha.12275>
- László, Z., Rössler, A., & Hinghofer-Szalkay, H. G. (2001). Cardiovascular and hormonal changes with different angles of head-up tilt in men. *Physiological research*, 50(1), 71–82.
- Lee, K. F. A., Chan, E., Car, J., Gan, W. S., & Christopoulos, G. (2022). Lowering the Sampling Rate: Heart Rate Response during Cognitive Fatigue. *Biosensors*, 12(5), 315. <https://doi.org/10.3390/bios12050315>
- Leelartapin, K., Lapanun, W., Kantha, S., Tanaka, H., & Suksom, D. (2023). Cognitive fatigue in habitual video gamers and non-gamers among military pilots in training. *Physical Activity and Health*, 7(1), 319–331. DOI: <https://doi.org/10.5334/paah.298>
- Li, T., Lin, Y., Gao, Y., & Zhong, F. (2018). Longtime driving induced cerebral hemodynamic elevation and behavior degradation as assessed by functional near-infrared spectroscopy and a voluntary attention test. *Journal of biophotonics*, 11(12), e201800160. <https://doi.org/10.1002/jbio.201800160>
- Li, F., Liu, Q., Lu, H., & Zhu, X. (2020). Attentional Blink in Pilots and Its Relationship With Flight Performance. *Frontiers in psychology*, 11, 1696. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01696>

- Li, Z., Zhang, M., Zhang, X., Dai, S., Yu, X., & Wang, Y. (2009). Assessment of cerebral oxygenation during prolonged simulated driving using near infrared spectroscopy: its implications for fatigue development. *European journal of applied physiology*, 107(3), 281–287. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1122-6>
- Lim, J., Wu, W. C., Wang, J., Detre, J. A., Dinges, D. F., & Rao, H. (2010). Imaging brain fatigue from sustained mental workload: an ASL perfusion study of the time-on-task effect. *NeuroImage*, 49(4), 3426–3435. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.11.020>
- Lim, N., Kim, E. K., Kim, H., Yang, E., & Lee, S. M. (2010). Individual and work-related factors influencing burnout of mental health professionals: A meta-analysis. *Journal of Employment Counseling*, 47(2), 86–96. <https://doi.org/10.1002/j.2161-1920.2010.tb00093.x>
- Limper, U., Ahnert, T., Maegele, M., Froehlich, M., Grau, M., Gauger, P., Bauerfeind, U., Görlinger, K., Pöttsch, B., & Jordan, J. (2020). Simulated Hypergravity Activates Hemostasis in Healthy Volunteers. *Journal of the American Heart Association*, 9(24), e016479. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.016479>
- Lin, G. M., Tsai, K. Z., Chang, Y. C., Huang, W. C., Sui, X., & Lavie, C. J. (2022). Muscular Strength and Carotid Intima-Media Thickness in Physically Fit Young Adults: The CHIEF Atherosclerosis Study. *Journal of clinical medicine*, 11(18), 5462. <https://doi.org/10.3390/jcm11185462>
- Lira, F. S., Conrado de Freitas, M., Gerosa-Neto, J., Cholewa, J. M., & Rossi, F. E. (2020). Comparison Between Full-Body vs. Split-Body Resistance Exercise on the Brain-Derived Neurotrophic Factor and Immunometabolic Response. *Journal of strength and conditioning research*, 34(11), 3094–3102. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002653>
- Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial

- biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of physiology*, 588(Pt 6), 1011–1022. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.181743>
- Liu, C., Wanyan, X., Xiao, X., Zhao, J., & Duan, Y. (2020). Pilots' mental workload prediction based on timeline analysis. *Technology and health care*, 28(S1), 207–216. <https://doi.org/10.3233/THC-209021>
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., Tricoli, V., & Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European journal of applied physiology*, 115(12), 2471–2480. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., Libardi, C. A., & Roschel, H. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 48(2), 361–378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
- Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood Flow Restriction Training. *Journal of athletic training*, 56(9), 937–944. <https://doi.org/10.4085/418-20>
- Lu, K., Sjors Dahlman, A., Karlsson, J., & Candefjord, S. (2022). Detecting driver fatigue using heart rate variability: A systematic review. *Accident; analysis and prevention*, 178, 106830. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106830>
- Lucas-Cuevas, Á. G., Quesada, J. I. P., Pérez-Soriano, P., & Llana-Belloch, S. (2015). Effects of the exercise in the cerebral blood flow and metabolism: A review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.14198/jhse.2015.101.13>
- Lundby, C., Montero, D., & Joyner, M. (2017). Biology of VO₂ max: looking under the physiology lamp. *Acta physiologica*, 220(2), 218–228. <https://doi.org/10.1111/apha.12827>

- Ma, Y., Liang, L., Zheng, F., Shi, L., Zhong, B., & Xie, W. (2020). Association Between Sleep Duration and Cognitive Decline. *JAMA network open*, 3(9), e2013573. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.13573>
- Mackenzie-Shalders, K., Kelly, J. T., So, D., Coffey, V. G., & Byrne, N. M. (2020). The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 38(14), 1635–1649. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1754716>
- Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports medicine*, 48(2), 269–288. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>
- Malenica, M., Prnjavorac, B., Bego, T., Dujic, T., Semiz, S., Skrbo, S., Gusic, A., Hadzic, A., & Causevic, A. (2017). Effect of Cigarette Smoking on Haematological Parameters in Healthy Population. *Medical archives (Sarajevo, Bosnia and Herzegovina)*, 71(2), 132–136. <https://doi.org/10.5455/medarh.2017.71.132-136>
- Manimmanakorn, N., Manimmanakorn, A., Vichiansiri, R., Saengsuwan, J., & Leelayuwat, N. (2018). Heart Rate Variability Assessment and Clinical Uses, *J Thai Rehabil Med*, 28(1), p32-36.
- Mantua, J., & Simonelli, G. (2019). Sleep duration and cognition: is there an ideal amount?. *Sleep*, 42(3), zsz010. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz010>
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- Marie, C., Pedard, M., Quirié, A., Tessier, A., Garnier, P., Totoson, P., & Demougeot, C. (2018). Brain-derived neurotrophic factor secreted by the cerebral endothelium: A new actor of brain function?. *Journal of cerebral blood flow and metabolism*, 38(6), 935–949. <https://doi.org/10.1177/0271678X18766772>

- Marosi, K., & Mattson, M. P. (2014). BDNF mediates adaptive brain and body responses to energetic challenges. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 25(2), 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2013.10.006>
- Martínez-Díaz, I. C., Escobar-Muñoz, M. C., & Carrasco, L. (2020). Acute Effects of High-Intensity Interval Training on Brain-Derived Neurotrophic Factor, Cortisol and Working Memory in Physical Education College Students. *International journal of environmental research and public health*, 17(21), 8216. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218216>
- Mattila, V. M., Kyröläinen, H., Santtila, M., & Pihlajamäki, H. (2017). Low back pain during military service predicts low back pain later in life. *PloS one*, 12(3), e0173568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173568>
- Matuz, A., van der Linden, D., Kisander, Z., Hernádi, I., Kázmér, K., & Csathó, Á. (2021). Enhanced cardiac vagal tone in mental fatigue: Analysis of heart rate variability in Time-on-Task, recovery, and reactivity. *PloS one*, 16(3), e0238670. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238670>
- May, A. K., Russell, A. P., Della Gatta, P. A., & Warmington, S. A. (2022). Muscle Adaptations to Heavy-Load and Blood Flow Restriction Resistance Training Methods. *Frontiers in physiology*, 13, 837697. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.837697>
- McAfoose, J., & Baune, B. T. (2009). Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts and models. *Neuropsychology review*, 19(1), 130–142. <https://doi.org/10.1007/s11065-008-9063-0>
- McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222–243. <https://doi.org/10.1037/a0017619>
- McMahon, T. W., & Newman, D. G. (2018). The Differential Effect of Sustained Operations on Psychomotor Skills of

- Helicopter Pilots. *Aerospace medicine and human performance*, 89(6), 496–502.
<https://doi.org/10.3357/AMHP.4895.2018>
- Mehta, R. K., & Parasuraman, R. (2014). Effects of Mental Fatigue on the Development of Physical Fatigue: A Neuroergonomic Approach. *Human Factors*, 56(4), 645-656.
<https://doi.org/10.1177/0018720813507279>
- Mellin, G., & Harjula, R. (1987). Lung function in relation to thoracic spinal mobility and kyphosis. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 19(2), 89–92.
- Mekari, S., Earle, M., Martins, R., Drisdelle, S., Killen, M., Bouffard-Levasseur, V., & Dupuy, O. (2020). Effect of High Intensity Interval Training Compared to Continuous Training on Cognitive Performance in Young Healthy Adults: A Pilot Study. *Brain Sci*, 10(2). doi:10.3390/brainsci10020081
- Methipisit, T., Mungthin, M., Saengwanitch, S., Ruangkana, P., Chinwarun, Y., Ruangkanchanasetr, P. Panichkul, S., Ukritchon, S., Mahakit, P., & Sithinamsuwan, P. (2016) The Development of Sleep Questionnaires Thai Version (ESS, SA-SDQ, and PSQI): Linguistic Validation, Reliability Analysis and Cut-Off Level to Determine Sleep Related Problems in Thai Population. *J Med Assoc Thai*, 99(8), 892-903.
- Mika, A., Macaluso, F., Barone, R., Di Felice, V., & Sledzinski, T. (2019). Effect of Exercise on Fatty Acid Metabolism and Adipokine Secretion in Adipose Tissue. *Frontiers in physiology*, 10, 26. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00026>
- Miller, B. C., Tirko, A. W., Shipe, J. M., Sumeriski, O. R., & Moran, K. (2021). The Systemic Effects of Blood Flow Restriction Training: A Systematic Review. *International journal of sports physical therapy*, 16(4), 978–990.
<https://doi.org/10.26603/001c.25791>
- Miller, J., & Melfi, M. (2006). *Causes and Effects of Fatigue in Experienced Military Aircrew*. Defense Technical Information Centre.
<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA462989.pdf>
- Mohanavelu, K., Poonguzhali, S., Ravi, D., Singh, P., Mahajabin, M., K., R., Singh, U. K., & Jayaraman, S. (2020). Cognitive Workload Analysis of Fighter Aircraft Pilots in

- Flight Simulator Environment. *Defence Science Journal*, 70(2), 131-139.
<https://doi.org/10.14429/dsj.70.14539>
- Moreira, P., Dieguez, G., Bredt, S., & Praça, G. M. (2021). The Acute and Chronic Effects of Dual-Task on the Motor and Cognitive Performances in Athletes: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1732. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041732>
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of neuroscience methods*, 222, 250–259.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2013.10.024>
- Müller, T., & Apps, M. A. J. (2019). Motivational fatigue: A neurocognitive framework for the impact of effortful exertion on subsequent motivation. *Neuropsychologia*, 123, 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.030>
- Murawska-Ciałowicz, E., Wolanski, P., Zuwała-Jagiello, J., Feito, Y., Petr, M., Koksteyn, J., Stastny, P., & Goliński, D. (2020). Effect of HIIT with Tabata Protocol on Serum Irisin, Physical Performance, and Body Composition in Men. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3589.
- Murias, J. M., Kowalchuk, J. M., & Paterson, D. H. (2010). Mechanisms for increases in $\dot{V}O_2\text{max}$ with endurance training in older and young women. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(10), 1891–1898.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181dd0bba>
- Musa, D. I., Adeniran, S. A., Dikko, A. U., & Sayers, S. P. (2009). The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. *Journal of strength and conditioning research*, 23(2), 587–592.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318198fd28>
- Naeeri, S., & Kang, Z. (2018, 19–22 May). Exploring the Relationship between Pilot's Performance and Fatigue When Interacting with Cockpit Interfaces. *In Proceedings of the 2018 IISE Annual Conference and Expo*. Institute of Industrial and System Engineers, Orlando, FL, United States.

- Nauer, R. K., Dunne, M. F., Stern, C. E., Storer, T. W., & Schon, K. (2020). Improving fitness increases dentate gyrus/CA3 volume in the hippocampal head and enhances memory in young adults. *Hippocampus*, 30(5), 488–504. <https://doi.org/10.1002/hipo.23166>
- Neville, K. J., Bisson, R. U., French, J., Boll, P. A., & Storm, W. F. (1994). Subjective fatigue of C-141 aircrews during Operation Desert Storm. *Human factors*, 36(2), 339–349. <https://doi.org/10.1177/001872089403600213>
- Nguyen, T., Ahn, S., Jang, H., Jun, S. C., & Kim, J. G. (2017). Utilization of a combined EEG/NIRS system to predict driver drowsiness. *Scientific reports*, 7, 43933. <https://doi.org/10.1038/srep43933>
- Nualpech, W., Chuensiri, N., & Suksom, D. (2019). Effects of additional core muscle training on cycling performance in youth male time trial cyclists. *Journal of Sports Science and Health*, 20(3), 53–67.
- Ocon A. J. (2013). Caught in the thickness of brain fog: exploring the cognitive symptoms of Chronic Fatigue Syndrome. *Frontiers in physiology*, 4, 63. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00063>
- O'Connor, D. K., Dalal, S., Ramachandran, V., Shivers, B., Shender, B. S., & Jones, J. A. (2020). Crew-Friendly Countermeasures Against Musculoskeletal Injuries in Aviation and Spaceflight. *Frontiers in physiology*, 11, 837. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00837>
- Ogoh S. (2017). Relationship between cognitive function and regulation of cerebral blood flow. *The journal of physiological sciences*, 67(3), 345–351. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0525-0>
- O'Keefe, K., Hodder, S., & Lloyd, A. (2020). A comparison of methods used for inducing mental fatigue in performance research: individualised, dual-task and short duration cognitive tests are most effective. *Ergonomics*, 63(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1687940>

- Page P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*, 7(1), 109–119.
- Park, J. S., Choi, J., Kim, J. W., Jeon, S. Y., & Kang, S. (2016). Effects of the optimal flexor/extensor ratio on G-tolerance. *Journal of physical therapy science*, 28(9), 2660–2665. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2660>
- Park, S. Y., Klotzbier, T. J., & Schott, N. (2021). The Effects of the Combination of High-Intensity Interval Training with 3D-Multiple Object Tracking Task on Perceptual-Cognitive Performance: A Randomized Controlled Intervention Trial. *International journal of environmental research and public health*, 18(9), 4862.
- Patelaki, E., Foxe, J. J., Mazurek, K. A., & Freedman, E. G. (2023). Young adults who improve performance during dual-task walking show more flexible reallocation of cognitive resources: a mobile brain-body imaging (MoBI) study. *Cerebral cortex*, 33(6), 2573–2592. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac227>
- Peacock, C. A., Weber, R., Sanders, G. J., Seo, Y., Kean, D., Pollock, B. S., Burns, K. J., Cain, M., LaScola, P., & Glickman, E. L. (2017). Pilot physiology, cognition and flight performance during flight simulation exposed to a 3810-m hypoxic condition. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE*, 23(1), 44–49. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1234685>
- Pedersen, K. M., Çolak, Y., Ellervik, C., Hasselbalch, H. C., Bojesen, S. E., & Nordestgaard, B. G. (2019). Smoking and Increased White and Red Blood Cells. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 39(5), 965–977. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.118.312338>
- Peepathum, P., & Anek, A. (2019). The effects of supramaximal high-intensity intermittent training on fat mass and lean mass in young athletes. *Journal of Sports Science and Health*, 20(1), 14-27.
- Pellegrini-Laplagne, M., Dupuy, O., Sosner, P., & Bosquet, L. (2023). Effect of simultaneous exercise and cognitive training on executive functions, baroreflex

- sensitivity, and pre-frontal cortex oxygenation in healthy older adults: a pilot study. *GeroScience*, 45(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s11357-022-00595-3>
- Perrey S. (2013). Promoting motor function by exercising the brain. *Brain sciences*, 3(1), 101–122. <https://doi.org/10.3390/brainsci3010101>
- Peters, K. J., Maslovat, D., & Carlsen, A. N. (2022). Slowed reaction times in cognitive fatigue are not attributable to declines in motor preparation. *Experimental brain research*, 240(11), 3033–3047. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06444-1>
- Pignanelli, C., Christiansen, D., & Burr, J. F. (2021). Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *Journal of applied physiology*, 130(4), 1163–1170. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00982.2020>
- Poton, R., & Polito, M. D. (2016). Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(3), 231–236. <https://doi.org/10.1111/cpf.12218>
- Qin, H., Zhou, X., Ou, X., Liu, Y., & Xue, C. (2021). Detection of mental fatigue state using heart rate variability and eye metrics during simulated flight. *Hum. Factors Man.* 31, 637–651. <https://doi.org/10.1002/hfm.20927>
- Quental, N., Rocha, J., Silva, J., Menezes, L., and Santos, J. (2021). The impact of cognitive fatigue on airline pilots performance. *J. Airline and Airport Manage.* 11(16). doi: 10.3926/jairm.183
- Raleigh, J. P., Giles, M. D., Islam, H., Nelms, M., Bentley, R. F., Jones, J. H., Neder, J. A., Boonstra, K., Quadrilatero, J., Simpson, C. A., Tschakovsky, M. E., & Gurd, B. J. (2018). Contribution of central and peripheral adaptations to changes in maximal oxygen uptake following 4 weeks of sprint interval training. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 43(10), 1059–1068. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0864>
- Ramyarangsi, P. (2018). *The effects of napping after sleep deprivation on brain waves, specific sport performances, and psychological parameters in male collegiate soccer players.* [Master's thesis]. Mahidol University.

<https://graduate.mahidol.ac.th/inter/current-students/?g=3&t=1&fid=43&cid=4301M>

- Rausch, M., Weber, F., Kühn, S., Ledderhos, C., Zinner, C., & Sperlich, B. (2021). The effects of 12 weeks of functional strength training on muscle strength, volume and activity upon exposure to elevated Gz forces in high-performance aircraft personnel. *Military Medical Research*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40779-021-00305-8>
- Reger, M. A., Welsh, R. K., Watson, G. S., Cholerton, B., Baker, L. D., & Craft, S. (2004). The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: a meta-analysis. *Neuropsychology*, 18(1), 85–93. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.1.85>
- Reycraft, J. T., Islam, H., Townsend, L. K., Hayward, G. C., Hazell, T. J., & Macpherson, R. E. K. (2020). Exercise Intensity and Recovery on Circulating Brain-derived Neurotrophic Factor. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(5), 1210–1217. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002242>
- Romeas, T., Guldner, A., & Faubert J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.002>
- Romeas, T., Chaumillon, R., Labbé, D., & Faubert, J. (2019). Combining 3D-MOT With Sport Decision-Making for Perceptual-Cognitive Training in Virtual Reality. *Perceptual and motor skills*, 126(5), 922–948. <https://doi.org/10.1177/0031512519860286>
- Rosa, E., Eiken, O., Grönkvist, M., Kölegård, R., Dahlström, N., Knez, I., Ljung, R., Jönsson, F. U., & Willander, J. (2020). Effects of fatigue on cognitive performance in long-duration simulated flight missions. *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 10(2), 82–93. <https://doi.org/10.1027/2192-0923/a000191>
- Rosa, E., Gronkvist, M., Kolegard, R., Dahlstrom, N., Knez, I., Ljung, R., & Willander, J. (2021). Fatigue, Emotion, and Cognitive Performance in Simulated Long-Duration,

- Single-Piloted Flight Missions. *Aerospace medicine and human performance*, 92(9), 710–719. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5798.2021>
- Rynecki, N. D., Siracuse, B. L., Ippolito, J. A., & Beebe, K. S. (2019). Injuries sustained during high intensity interval training: are modern fitness trends contributing to increased injury rates?. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(7), 1206–1212. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09407-6>
- Saatmann, N., Zaharia, O. P., Loenneke, J. P., Roden, M., & Pesta, D. H. (2021). Effects of Blood Flow Restriction Exercise and Possible Applications in Type 2 Diabetes. *Trends in endocrinology and metabolism*, 32(2), 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2020.11.010>
- Sachdev, P. S., Blacker, D., Blazer, D. G., Ganguli, M., Jeste, D. V., Paulsen, J. S., & Petersen, R. C. (2014). Classifying neurocognitive disorders: the DSM-5 approach. *Nature reviews. Neurology*, 10(11), 634–642. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2014.181>
- Sadegji, R., Mosallanezhad, Z., Nodehi-Moghadam, A., Naurbakhsh, M.R., Biglarian, A., Ezati, K. (2015). The Reliability of Bubble Inclinator and Tap Measure in Determining Lumbar Spine Range of Motion in Healthy Individuals and Patients. *Physical Treatment*, 5(3),137-144.
- Salzman, T., Dupuy, O., & Fraser, S. A. (2022). Effects of Cardiorespiratory Fitness on Cerebral Oxygenation in Healthy Adults: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*, 13, 838450. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.838450>
- Sarter, M., Gehring, W. J., & Kozak, R. (2006). More attention must be paid: the neurobiology of attentional effort. *Brain research reviews*, 51(2), 145–160. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.11.002>
- Saucedo Marquez, C. M., Vanaudenaerde, B., Troosters, T., & Wenderoth, N. (2015). High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *Journal of applied physiology*, 119(12), 1363–1373. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00126.2015>
- Shao, F., Lu, T., Wang, X., Liu, Z., Zhang, Y., Liu, X., & Wu, S. (2021). The influence of pilot's attention allocation on instrument reading during take-off: The mediating

- effect of attention span. *Applied ergonomics*, 90, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103245>
- Shiromaru, F. F., de Salles Painelli, V., Silva-Batista, C., Longo, A. R., Lasevicius, T., Schoenfeld, B. J., Aihara, A. Y., Tricoli, V., de Almeida Peres, B., & Teixeira, E. L. (2019). Differential muscle hypertrophy and edema responses between high-load and low-load exercise with blood flow restriction. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(11), 1713–1726. <https://doi.org/10.1111/sms.13516>
- Shepherd, J. A., Ng, B. K., Sommer, M. J., & Heymsfield, S. B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, 104, 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010>
- Sitasuwan, T., Bussaratid, S., Ruttanaumpawan, P., & Chotinaiwattarakul, W. (2014). Reliability and validity of the Thai version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 97 Suppl 3, S57–S67.
- Skau, S., Bunketorp-Käll, L., Kuhn, H. G., & Johansson, B. (2019). Mental Fatigue and Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) - Based Assessment of Cognitive Performance After Mild Traumatic Brain Injury. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 145. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00145>
- Slimani, M., Znazen, H., Bragazzi, N. L., Zguira, M. S., & Tod, D. (2018). The Effect of Mental Fatigue on Cognitive and Aerobic Performance in Adolescent Active Endurance Athletes: Insights from a Randomized Counterbalanced, Cross-Over Trial. *Journal of clinical medicine*, 7(12), 510. <https://doi.org/10.3390/jcm7120510>
- Slungaard, E., Pollock, R. D., Stevenson, A. T., Green, N., Newham, D. J., & Harridge, S. (2019). Aircrew Conditioning Programme Impact on +Gz Tolerance. *Aerospace medicine and human performance*, 90(9), 764–773. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5318.2019>

- Smith C. A. (1994). The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 19(1), 12–17. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.1.12>
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., Browndyke, J. N., & Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic medicine*, 72(3), 239–252. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633>
- Society of Radiographers and British Medical Ultrasound Society. (2021). *Guidelines for Professional Ultrasound Practice*. https://www.bmus.org/static/uploads/resources/2021_SoR_and_BMUS_guidelines_v1.0_.pdf
- Salomone, M., Burle, B., Fabre, L., & Berberian, B. (2021). An Electromyographic Analysis of the Effects of Cognitive Fatigue on Online and Anticipatory Action Control. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 615046. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.615046>
- Spaulding, H. R., & Yan, Z. (2022). AMPK and the Adaptation to Exercise. Annual review of physiology, 84, 209–227. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-060721-095517>
- Speer, K. E., Semple, S., Naumovski, N., & McKune, A. J. (2020). Measuring Heart Rate Variability Using Commercially Available Devices in Healthy Children: A Validity and Reliability Study. *European journal of investigation in health, psychology and education*, 10(1), 390–404. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010029>
- Spunt R.P. (2015). *Dual-Process Theories in Social Cognitive Neuroscience*. Brain Mapping: An Encyclopedic Reference, 3, 211-215. Academic Press: Elsevier.
- Stern Y., MacKay-Brandt A., Lee S., McKinley P., McIntyre K., Razlighi Q., & Sloan, R. P. (2019). Effect of aerobic exercise on cognition in younger adults: A randomized clinical trial. *Neurology*, 92(9), e905-e916. doi:10.1212/wnl.00000000000007003
- Stöggl, T. L., & Björklund, G. (2017). High Intensity Interval Training Leads to Greater Improvements in Acute Heart Rate Recovery and Anaerobic Power as High

- Volume Low Intensity Training. *Frontiers in physiology*, 8, 562. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00562>
- Stone, J. D., Ulman, H. K., Tran, K., Thompson, A. G., Halter, M. D., Ramadan, J. H., Stephenson, M., Finomore, V. S., Jr, Galster, S. M., Rezai, A. R., & Hagen, J. A. (2021). Assessing the Accuracy of Popular Commercial Technologies That Measure Resting Heart Rate and Heart Rate Variability. *Frontiers in sports and active living*, 3, 585870. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.585870>
- Strobach, T. The dual-task practice advantage: Empirical evidence and cognitive mechanisms. *Psychon Bull Rev*, 27, 3–14 (2020). <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01619-4>
- Strom, C. J., Pettitt, R. W., Krynski, L. M., Jamnick, N. A., Hein, C. J., & Pettitt, C. D. (2018). Validity of a customized submaximal treadmill protocol for determining $\dot{V}O_{2\max}$. *European journal of applied physiology*, 118(9), 1781-1787.
- Sultana, R. N., Sabag, A., Keating, S. E., & Johnson, N. A. (2019). The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 49(11), 1687-1721. doi:10.1007/s40279-019-01167-w
- Summerfield, D., Raslau, D., Johnson, B., & Steinkraus, L. (2018). Physiologic Challenges to Pilots of Modern High Performance Aircraft, Aircraft Technology, Melih Cemal Kuşhan, IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/61486>
- Sun L. (2022). Effects of blood flow restriction training on anthropometric and blood lipids in overweight/obese adults: Meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 13, 1039591. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1039591>
- Takács, E., Barkaszi, I., Altbäcker, A., Czigler, I., & Balázs, L. (2019). Cognitive resilience after prolonged task performance: an ERP investigation. *Experimental brain research*, 237(2), 377–388. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5427-8>
- Tan, J., Krasilshchikov, O., Kuan, G., Hashim, H. A., Aldhahi, M. I., Al-Mhanna, S. B., & Badicu, G. (2023). The Effects of Combining Aerobic and Heavy Resistance Training on Body Composition, Muscle Hypertrophy, and Exercise Satisfaction in

- Physically Active Adults. *Healthcare*, 11(17), 2443.
<https://doi.org/10.3390/healthcare11172443>
- Terman, M., & Terman, J. S. (2005). Light therapy for seasonal and nonseasonal depression: efficacy, protocol, safety, and side effects. *CNS spectrums*, 10(8), 647–672. <https://doi.org/10.1017/s1092852900019611>
- Thoolen, S. J., & van den Oord, M. H. (2015). Modern Air Combat Developments and Their Influence on Neck and Back Pain in F-16 Pilots. *Aerospace medicine and human performance*, 86(11), 936–941. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4303.2015>
- Tomczak, A., & Haponik, M. (2016). Physical fitness and aerobic capacity of Polish military fighter aircraft pilots. *Biomedical Human Kinetics*, 8, 117 - 123.
- Torma, F., Gombos, Z., Jokai, M., Takeda, M., Mimura, T., & Radak, Z. (2019). High intensity interval training and molecular adaptive response of skeletal muscle. *Sports medicine and health science*, 1(1), 24–32.
<https://doi.org/10.1016/j.smhs.2019.08.003>
- Tornero Aguilera, J. F., Gil-Cabrera, J., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Determining the psychophysiological responses of military aircrew when exposed to acute disorientation stimuli. *BMJ military health*, 168(2), 112–116.
<https://doi.org/10.1136/bmjmilitary-2020-001417>
- Törpel, A., Herold, F., Hamacher, D., Müller, N. G., & Schega, L. (2018). Strengthening the Brain-Is Resistance Training with Blood Flow Restriction an Effective Strategy for Cognitive Improvement?. *Journal of clinical medicine*, 7(10), 337.
<https://doi.org/10.3390/jcm7100337>
- Tran, Y., Craig, A., Craig, R., Chai, R., & Nguyen, H. (2020). The influence of mental fatigue on brain activity: Evidence from a systematic review with meta-analyses. *Psychophysiology*, 57(5), e13554. <https://doi.org/10.1111/psyp.13554>
- Tripp, L. D., Warm, J. S., Matthews, G., Chiu, P., Werchan, P., & Deaton, J. E. (2006). +Gz acceleration loss of consciousness: time course of performance deficits with

- repeated experience. *Human factors*, 48(1), 109–120.
<https://doi.org/10.1518/001872006776412144>
- Tu, M. Y., Chiang, K. T., Cheng, C. C., Li, F. L., Wen, Y. H., Lin, S. H., & Lai, C. Y. (2020). Comparison of hypobaric hypoxia symptoms between a recalled exposure and a current exposure. *PloS one*, 15(9), e0239194.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239194>
- United States Department of the Air Force. (2022, January 10). Flight Operations. Air Force manual, 11-202(3). https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3/publication/afman11-202v3/afman11-202v3.pdf
- Valdez P, Ramírez, García A. (2012). Circadian rhythms in cognitive performance: implications for neuropsychological assessment. *ChronoPhysiology and Therapy*, 2, 81-92. <https://doi.org/10.2147/CPT.S32586>
- van der Pal J., Boland E.J. & de Rivecourt M. (2009). Competency-based Design of F-16 Qualification Training. <https://core.ac.uk/download/pdf/53034068.pdf>
- Vasold, K. L., Parks, A. C., Phelan, D. M. L., Pontifex, M. B., & Pivarnik, J. M. (2019). Reliability and Validity of Commercially Available Low-Cost Bioelectrical Impedance Analysis. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(4), 406–410. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0283>
- Vicente, J., Laguna, P., Bartra, A., & Bailón, R. (2016). Drowsiness detection using heart rate variability. *Medical & biological engineering & computing*, 54(6), 927–937.
<https://doi.org/10.1007/s11517-015-1448-7>
- Vining R.t, Long, C.R., Minkalis, A., Gudavalli, M.R., Xia, T., Walter, J., Coulter, I., & Goertz, C.M. (2022). Effects of Chiropractic Care on Strength, Balance, and Endurance in Active-Duty U.S. Military Personnel with Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 26(7), 592-601.
- Voss, M. W., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Chaddock, L., Malkowski, E., Alves, H., Kim, J. S., Morris, K. S., White, S. M., Wójcicki, T. R., Hu, L., Szabo, A., Klamm, E., McAuley,

- E., & Kramer, A. F. (2010). Functional connectivity: a source of variance in the association between cardiorespiratory fitness and cognition?. *Neuropsychologia*, 48(5), 1394–1406. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.01.005>
- Wang, H., Chi, X. M., Yan, Y. J., & Zhang, N. N. (2011). Blood Flow Velocity Changes in the Middle Cerebral Artery Induced by Driving Fatigue. *Advanced Engineering Forum*, 2–3, 219–222. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/aef.2-3.219>
- Wang, H., Jiang, N., Pan, T., Si, H., Li, Y., & Zou, W. (2020). Cognitive Load Identification of Pilots Based on Physiological-Psychological Characteristics in Complex Environments. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-16.
- Wang X., Gong G., Li N., & Ding L. (2020). Use of multimodal physiological signals to explore pilots' cognitive behaviour during flight strike task performance. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 2020(5), 1-6.
- Ward, N., Paul, E., Watson, P. et al. Enhanced Learning through Multimodal Training: Evidence from a Comprehensive Cognitive, Physical Fitness, and Neuroscience Intervention. *Sci Rep*, 5808 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06237-5>
- Watson, N. F., Badr, M. S., Belenky, G., Bliwise, D. L., Buxton, O. M., Buysse, D., Dinges, D. F., Gangwisch, J., Grandner, M. A., Kushida, C., Malhotra, R. K., Martin, J. L., Patel, S. R., Quan, S. F., & Tasali, E. (2015). Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. *Sleep*, 38(6), 843–844. <https://doi.org/10.5665/sleep.4716>
- Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO(2)max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport*, 22(8), 941-947. doi:10.1016/j.jsams.2019.01.013
- Wewege, M. A., Ahn, D., Yu, J., Liou, K., & Keech, A. (2018). High-Intensity Interval Training for Patients With Cardiovascular Disease-Is It Safe? A Systematic Review. *Journal*

of the American Heart Association, 7(21), e009305.
<https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009305>

- Whitaker, A. A., Alwatban, M., Freemyer, A., Perales-Puchalt, J., & Billinger, S. A. (2020). Effects of high intensity interval exercise on cerebrovascular function: A systematic review. *PLoS One*, 15(10), e0241248. doi:10.1371/journal.pone.0241248
- Wilk, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Zajac, A., Bogdanis, G. C., & Lockie, R. G. (2020). Short-Term Blood Flow Restriction Increases Power Output and Bar Velocity During the Bench Press. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000003649. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003649>
- Wong, V., Song, J. S., Bell, Z. W., Yamada, Y., Spitz, R. W., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2022). Blood flow restriction training on resting blood pressure and heart rate: a meta-analysis of the available literature. *Journal of human hypertension*, 36(8), 738–743. <https://doi.org/10.1038/s41371-021-00561-0>
- Yamasaki, R., Miyoshi, T., Imaki, M., & Nakamura, T. (1994). Evaluation of the effects of various factors on the serum triglyceride level in young adults. *The Tokushima journal of experimental medicine*, 41(1-2), 17–30.
- Zhang, Q., Huang, Z., Li, L., & Li, S. (2022). Visual search training benefits from the integrative effect of enhanced covert attention and optimized overt eye movements. *Journal of vision*, 22(8), 7. <https://doi.org/10.1167/jov.22.8.7>
- Zeng, J., Meng, J., Wang, C., Leng, W., Zhong, X., Gong, A., Bo, S., & Jiang, C. (2023). High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior working memory function. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1119405. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1119405>
- Zhou, Y., Wu, D., Wang, C., Sun, K., Xu, P., Wang, Z., & Xiao, W. (2022). The effect of working memory training on situation awareness in a flight simulator. *Cognition*,

technology & work (Online), 24(4), 667–674. <https://doi.org/10.1007/s10111-022-00707-1>

Zwilling, C. E., Daugherty, A. M., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Cohen, N. J., & Barbey, A. K. (2019). Enhanced decision-making through multimodal training. *NPJ Sci Learn*, 4, 11. <https://doi.org/10.1038/s41539-019-0049-x>

Zwilling, C. E., Strang, A., Anderson, E., Jurcsis, J., Johnson, E., Das, T., Kuchan, M. J., & Barbey, A. K. (2020). Enhanced physical and cognitive performance in active duty Airmen: evidence from a randomized multimodal physical fitness and nutritional intervention. *Scientific reports*, 10(1), 17826. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74140-7>





No. _____

แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและประวัติทางสุขภาพของการศึกษา เรื่อง ผลของการฝึก
แบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสมรรถนะการบินในศิษย์การบิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ และใส่ข้อมูลในช่องว่างให้ครบถ้วน

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ

ชาย หญิง

1.2 อายุ _____ ปี

1.3 ความสูง _____ เมตร น้ำหนัก _____ กิโลกรัม BMI _____

1.4 สถานะสุขภาพ โรคประจำตัวและโรคประจำตัว (สามารถระบุได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ไม่มีโรคประจำตัว โรคเบาหวาน
 โรคไขมันในเลือดสูง โรคความดันโลหิตสูง
 โรคหัวใจ โรคภูมิแพ้ หอบหืด
 โรคเกี่ยวกับข้อต่างๆ เช่น รูมาตอยด์ เก๊าท์
 โรคประจำตัว อื่นๆ โปรดระบุ _____

1.5 ลักษณะงานของท่าน

- ครูการบิน _____ จำนวนชั่วโมงบินรวมทั้งหมดของท่าน _____ ชั่วโมง
 ศิษย์การบินรุ่นที่ _____ ระดับชั้น _____
 จำนวนชั่วโมงบินรวมทั้งหมดของท่าน _____ ชั่วโมง
 นิสิต นักศึกษา
 พนักงานบริษัท, ธุรกิจส่วนตัว, รับราชการ

1.6 การเขียนหนังสือท่านใช้มือข้าง ซ้าย ขวา

การทำงานที่มีความซับซ้อน ต้องใช้การทำงานของสมองท่านใช้มือข้าง ซ้าย ขวา

ตอนที่ 2 ลักษณะงาน พฤติกรรมและกิจกรรมต่างๆของผู้ตอบแบบสอบถาม

2.1 นอกเหนือจากการทำงาน เวลาส่วนใหญ่ท่านทำกิจกรรมอะไรบ้าง (สามารถระบุได้มากกว่า 1 ข้อ)

- การทำงานแบบนั่งโต๊ะ เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ อ่านหนังสือ
- การเล่นเกมหรือโปรแกรมแอพพลิเคชั่นต่างๆ ด้วยโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต
- การดูรายการโทรทัศน์
- ทำงานบ้าน เช่น การทำความสะอาดบ้าน ล้างจาน ทำกับข้าว ซักผ้า
- ออกกำลังกาย เช่น วิ่ง ว่ายน้ำ ฟุตบอล
- ทำกิจกรรมกลางแจ้งเช่น การทำสวน การปลูกต้นไม้
- อื่นๆ โปรดระบุ _____

2.2 ท่านมีชั่วโมงการทำงาน

- แบบนั่งโต๊ะ เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ อ่านหนังสือโดยเฉลี่ยวันละ _____ ชั่วโมง
- การเล่นเกมหรือโปรแกรมแอพพลิเคชั่นด้วยโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตเฉลี่ยวันละ _____ ชั่วโมง

2.3 ปกติท่านนอนวันละ _____ ชั่วโมง

2.4 ท่านสูบบุหรี่หรือไม่

- ไม่เคยสูบ
- เคยสูบ แต่ขณะนี้เลิกสูบแล้ว
- สูบ

2.5 ท่านดื่มชา กาแฟหรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรือไม่

- ดื่มทุกวัน
- ดื่มมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์
- ดื่มสัปดาห์ละครั้ง
- ดื่มเดือนละครั้ง หรือในงานเลี้ยงสังสรรค์ โอกาสพิเศษ
- ไม่ดื่ม

2.6 ท่านดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือไม่

- ดื่มทุกวัน
- ดื่มมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์
- ดื่มสัปดาห์ละครั้ง
- ดื่มเดือนละครั้ง หรือในงานเลี้ยงสังสรรค์ โอกาสพิเศษ
- ไม่ดื่ม

2.7 ท่านออกกำลังกาย

- ทุกวัน
 2-5 ครั้งต่อสัปดาห์
 1 ครั้งต่อสัปดาห์
 2-3 ครั้งต่อเดือน
 1 ครั้งต่อเดือน
 ไม่เคยออกกำลังกาย (ข้ามไปตอนที่ 3)

2.8 ประเภทของการออกกำลังกายที่ท่านปฏิบัติ (สามารถระบุได้มากกว่า 1 ข้อ)

- Aerobic exercise เช่น วิ่ง, ปั่นจักรยาน, ว่ายน้ำ, เดินแอโรบิค ฯลฯ
 Resistance exercise (การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน) เช่น weight training
 Flexibility exercise เช่น โยคะ, ไทชิ ฯลฯ

ตอนที่ 3 การประเมินสุขภาพทั่วไป

ใน 1 เดือนที่ผ่านมาท่านประเมินสุขภาพทั่วไปของท่านอย่างไรบ้าง

- แย่มาก ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ

ประวัติสุขภาพในอดีต			ข้อมูลของคนในครอบครัว			ข้อมูลสุขภาพในปัจจุบัน		
คุณเคยมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี	ญาติสายตรงมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี	คุณมีอาการเหล่านี้	มี	ไม่มี
ความดันโลหิตสูง			หัวใจวาย			เจ็บแน่นหน้าอก		
โรคหัวใจ			ความดันโลหิตสูง			หายใจติดขัด		
โรคเส้นหัวใจ			คอเลสเตอรอลสูง			ใจสั่น		
โรคหลอดเลือดแดง			หลอดเลือดสมอง			หัวใจเต้นผิดจังหวะ		
เส้นเลือดขาด			เบาหวาน			มีอาการไอเมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกาย		
โรคปอด			ผ่าตัดหัวใจ			เคลื่อนไหวร่างกาย		
หอบหืด			โรคหัวใจแต่กำเนิด			ไอเป็นเลือด		
โรคไต			เสียชีวิตก่อนวัย			เวียนศีรษะ		
ตับอักเสบ			อาการป่วยอื่น ๆ			ปวดศีรษะบ่อย		
เบาหวาน					เป็นหวัดบ่อย		
กระดูกเสื่อม			...			ปวดหลัง		
					มีปัญหากระดูก		
			...					
							
			...					

ท่านมีอาการบาดเจ็บทางร่างกายหรือไม่

- ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย
- มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย โปรดระบุ.....

ช่วงระหว่าง 2 เดือนที่ผ่านมาท่านใช้ยาหรืออาหารเสริมหรือไม่

- ไม่ใช่
- ใช่ โปรดระบุ
- ยาหรืออาหารเสริมที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....
- สาเหตุที่ใช้.....
- ยาหรืออาหารเสริมที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....
- สาเหตุที่ใช้.....
- ยาหรืออาหารเสริมที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....
- สาเหตุที่ใช้.....
- ยาหรืออาหารเสริมที่ใช้.....ระยะเวลาที่ใช้.....
- สาเหตุที่ใช้.....

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ข้อความ	ไม่เคย	จำนวนครั้งใน 1 สัปดาห์			จำนวนครั้งใน 1 เดือน	จำนวนครั้งใน 3 เดือน
		1-2	3-4	5-7		
ท่านรับประทานข้าวซ้อมมือ ขนบึงโฮลวีท ธัญพืช หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งที่ไม่ได้ขัดสี						
ท่านรับประทานผลไม้ที่มีรสไม่หวานจัดแทนการรับประทานขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ						
ท่านดื่มน้ำสะอาดแทนการดื่มน้ำผลไม้ น้ำหวาน หรือน้ำอัดลม						
ท่านรับประทานอาหารผักสุกหรือผักสด						
ท่านเลือกรับประทานเนื้อสัตว์เฉพาะเนื้อล้วน โดยเลาะไขมันที่เห็นออกทุกครั้ง						
ท่านเติมเกลือ น้ำปลา ซอสปรุงรสในอาหาร						
ท่านรับประทานอาหารที่มีกะทิเป็นองค์ประกอบ						
ท่านใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โปรดระบุ						



ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย แปรจาก 2019-PAR-Q +

ส่วนของคำถามทั่วไป

การออกกำลังกาย หรือ กิจกรรมทางกาย มีหลักฐานที่ชัดเจนแล้วว่า มีประโยชน์ต่อสุขภาพ คนส่วนใหญ่ควรมีกิจกรรมทางกายในทุกวันของสัปดาห์ การมีกิจกรรมทางกายมีความปลอดภัยสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ แบบสอบถามนี้จะบอกได้ว่า มีความจำเป็นที่จะขอคำแนะนำเพิ่มเติมจากแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกกำลังกายก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายที่หนักขึ้นจากเดิมที่เคยมีกิจกรรมทางกาย หรือไม่

โปรดอ่านคำถาม 7 ข้อด้านล่างอย่างถี่ถ้วนและตอบด้วยความสัตย์จริงว่า ใช่ หรือไม่ใช่	ใช่	ไม่ใช่
1. คุณเคยได้รับทราบจากแพทย์ว่า เป็นโรคเกี่ยวกับ <input type="checkbox"/> โรคหัวใจ หรือ <input type="checkbox"/> ความดันโลหิตสูง	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. คุณรู้สึกเจ็บที่หน้าอกในขณะที่พัก หรือระหว่างมีกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือระหว่างออกกำลังกาย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยเวียนศีรษะจนเสียการทรงตัว หรือเป็นลมไม่รู้สึกรู้ตัว หรือไม่ (ในกรณีที่ต้องออกกำลังกายอย่างหนักจนทำให้หายใจเร็ว แล้วตามด้วยการเวียนศีรษะ ให้ตอบว่าไม่ใช่)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. คุณได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเรื้อรังนอกเหนือจากโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง หรือไม่ ถ้าตอบว่าใช่ ให้ระบุว่าเป็นโรคเรื้อรังอะไร	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ปัจจุบันคุณได้รับประทานยาเพื่อรักษาโรคเรื้อรัง หรือไม่ โปรดระบุเงื่อนไขและยาที่ได้รับ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ปัจจุบัน หรือ ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อหรือกล้ามเนื้อเส้นเอ็น ซึ่งอาจจะแยกลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น (ในกรณีที่คุณมีปัญหากระดูก ข้อ กล้ามเนื้อหรือเส้นเอ็นในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา แต่ปัจจุบันภาวะดังกล่าวได้หายไปแล้ว และไม่มีผลต่อความสามารถต่อการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกายในปัจจุบัน ให้ตอบไม่ใช่)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. แพทย์เคยบอกคุณว่า คุณควรได้รับคำแนะนำก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกาย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ถ้าตอบว่าไม่ใช่ทุกข้อ คุณสามารถที่จะออกกำลังกายได้ และให้ลงนามในคำประกาศของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย โดยไม่ต้องตอบคำถามในหน้า 2-3

- > ให้เริ่มการมีกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้น โดยค่อยๆเพิ่มความแรงของการมีกิจกรรมทางกาย
- > ให้คุณออกกำลังกายให้สอดคล้องกับอายุตามแนวทางของ International Physical activity guideline (www.who.int/dietphysicalactivity/en/).
- > คุณควรที่จะได้รับการประเมินสมรรถภาพทางกาย (fitness) และประเมินสุขภาพ/ตรวจสุขภาพประจำปี (health)
- > ถ้าคุณอายุมากกว่า 45 ปี และไม่ได้ฝึกซ้อมออกกำลังกายความหนักมาก่อน ให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายก่อนไปร่วมกิจกรรมทางกายที่มีความหนัก
- > ถ้าคุณมีปัญหาเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย ให้สอบถามแพทย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกาย

Participant Declaration (คำประกาศของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย)

ข้าพเจ้า ผู้ซึ่งลงนามในคำประกาศนี้ ได้อ่าน เข้าใจ โดยตอบคำถามทั้งหมดอย่างเต็มที่ และตระหนักเป็นอย่างดีว่า คำประกาศนี้จะใช้ได้ภายใน 12 เดือนนับจากวันที่ได้ตอบแบบสอบถาม และจะไม่มีผลในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไข ข้าพเจ้ายินยอมที่จะให้ผู้จัด/ศูนย์ฝึก กิจกรรมทางกายได้สำเนาเอกสารนี้เก็บไว้อีกฉบับ โดยผู้จัด/ศูนย์ฝึกกิจกรรมทางกายต้องไม่นำข้อมูลไปเปิดเผยและปฏิบัติตามการรักษาความลับตามที่กฎหมายกำหนด

ชื่อ ลายเซ็น วันที่

พยาน ลายเซ็นของพ่อแม่/ผู้ปกครอง (กรณีที่ยังไม่บรรลุนิติภาวะ)



ภาคผนวก ค

แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global physical activity questionnaire)

แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global physical activity questionnaire)

แบบสอบถามกิจกรรมทางกายระดับโลก (Global Physical Activity Questionnaire; GPAQ)

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับเวลาที่ท่านได้ใช้ในการมีกิจกรรมประเภทต่างๆ ในช่วง 1 สัปดาห์หรือ 7 วันที่ผ่านมา โปรดตอบคำถามต่อไปนี้แม้ว่าท่านจะคิดว่าตนเองไม่ใช่ผู้ที่มีความกระฉับกระเฉงว่องไว

คำถาม	คำตอบ
1. กิจกรรมทางกายในการประกอบอาชีพ คำถามต่อไปนี้เกี่ยวกับเวลาที่ท่านใช้ในการทำงานทั้งที่ได้รับรายได้และไม่ได้รับรายได้ เช่น การทำงาน การเรียน/การฝึกอบรม การทำงานบ้าน การเก็บเกี่ยวพืชผล การตกปลา การทำให้ได้มาซึ่งอาหารด้วยวิธีการต่างๆ หรือการถูกจ้างงานอื่นๆ ในที่นี้ กิจกรรมที่มีความหนักระดับสูง หมายถึง กิจกรรมที่ใช้ความพยายามสูง ส่งผลทำให้หายใจแรงขึ้นมาก หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นมาก สำหรับกิจกรรมที่มีความหนักระดับปานกลาง หมายถึง กิจกรรมที่ใช้ความพยายามปานกลาง ส่งผลทำให้หายใจแรงขึ้นเล็กน้อย หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นเล็กน้อย	
P1 ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับสูง ซึ่งทำให้หายใจแรงขึ้นมาก หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นมาก (เช่น การยก/ถือของหนักงานขุดดิน/ก่อสร้าง เป็นต้น) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาที ต่อเนื่อง ใช่หรือไม่	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> ใช่ 1 <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ 2 </div> <div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> </div> </div> <p>(ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P3)</p>
P2a โดยปกติ ในแต่ละสัปดาห์ ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับสูงเป็นจำนวนกี่วัน	จำนวนวันต่อสัปดาห์ <input type="text"/> <input type="text"/>
P2b โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับสูงเป็นระยะเวลานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="text"/> <input type="text"/> : นาที <input type="text"/> <input type="text"/>

P3	ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับปานกลาง ซึ่งทำให้หายใจแรงขึ้นเล็กน้อย หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นเล็กน้อย (เช่น การเดินเร็ว หรือการยก/ถือของเบาๆ เป็นต้น) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาที ใช่หรือไม่	<input type="checkbox"/> ใช่ 1 <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ 2	<input type="checkbox"/> (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P5)
P4a	โดยปกติ ในแต่ละสัปดาห์ ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับปานกลางเป็นจำนวนกี่วัน	จำนวนวันต่อสัปดาห์	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P4b	โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านทำงาน/ทำกิจกรรมที่มีความหนักระดับปานกลางเป็นระยะเวลาานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> : นาที <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
2. กิจกรรมทางกายในการเดินทาง คำถามต่อไปนี้ไม่รวมถึงกิจกรรมทางกายในการประกอบอาชีพดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1 แต่จะถามถึงการเดินทางที่ทำในชีวิตประจำวันเป็นปกติจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เช่น การเดินทางไปทำงาน การไปซื้อของ การไปตลาด การไปวัด เป็นต้น			
P5	ท่านเดินหรือขี่จักรยานเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาทีต่อเนื่องจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ใช่หรือไม่	<input type="checkbox"/> ใช่ 1 <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ 2	<input type="checkbox"/> (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P7)
P6a	โดยปกติ ในแต่ละสัปดาห์ ท่านเดินหรือขี่จักรยานเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาทีต่อเนื่องจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นจำนวนกี่วัน	นวนวันต่อสัปดาห์	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P6b	โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านเดินหรือขี่จักรยานจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเป็นระยะเวลาานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> : นาที <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

3. กิจกรรมทางกายในเวลาว่าง			
คำถามต่อไปนี้ไม่รวมถึงกิจกรรมทางกายในการประกอบอาชีพและการเดินทางดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1 และ ข้อ 2 แต่จะถามถึงกิจกรรมที่ทำในเวลาว่าง เช่น การเล่นกีฬา การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย และการนันทนาการ			
P7	ท่านใช้เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับสูง ซึ่งทำให้หายใจแรงขึ้นมาก หรือมีอาการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นมาก (หนักเทียบเท่ากับ การวิ่งหรือเล่นฟุตบอล) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาทีต่อเนื่อง ใช่หรือไม่ (ยกตัวอย่างอื่นๆ)	<input type="checkbox"/> ใช่ 1 <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ 2	<input type="checkbox"/> (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P9)
P8a	โดยปกติ ในแต่ละสัปดาห์ ท่านใช้เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับสูง เป็นจำนวนกี่วัน	จำนวนวันต่อสัปดาห์	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P8b	โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านใช้เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับสูง เป็นระยะเวลาานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> : นาที <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
P9	ท่านใช้เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับปานกลาง ซึ่งทำให้หายใจแรงขึ้นเล็กน้อย หรือมีอาการเต้นของหัวใจเร็วขึ้นเล็กน้อย (หนักเทียบเท่ากับการปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ หรือเล่นวอลเลย์บอล) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาทีต่อเนื่อง ใช่หรือไม่ (ยกตัวอย่างอื่นๆ)	<input type="checkbox"/> ใช่ 1 <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ 2	<input type="checkbox"/> (ถ้าตอบว่า ไม่ใช่ ให้ข้ามไปตอบ P11)

P10a	โดยปกติ ในแต่ละสัปดาห์ ท่านใช้ เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับปานกลาง เป็นจำนวนกี่วัน	จำนวนวันต่อสัปดาห์	<input type="text"/> <input type="text"/>
P10b	โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านใช้เวลาว่างในการเล่นกีฬา เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย หรือทำกิจกรรมนันทนาการที่ความหนักระดับปานกลาง เป็นระยะเวลาานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="text"/> <input type="text"/> : นาที <input type="text"/> <input type="text"/>	
4. พฤติกรรมเนือยนิ่ง คำถามต่อไปนี้ เป็นคำถามเกี่ยวกับการนั่งหรือการไม่ได้ทำงาน ทั้งขณะอยู่ที่บ้าน ขณะเดินทางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง หรือการใช้เวลาอยู่กับเพื่อน เช่น การนั่งทำงาน การนั่งพูดคุยกับเพื่อน การนั่งรถยนต์/รถประจำทาง/รถไฟ การนั่งเล่นเกม หรือการนั่งดูโทรทัศน์ แต่ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการนอน			
P11	โดยปกติ ในแต่ละวัน ท่านใช้เวลา นั่งหรือ การไม่ได้ทำงาน รวมแล้วเป็นระยะเวลาานานเท่าไร	เป็นเวลา ชั่วโมง <input type="text"/> <input type="text"/> : นาที <input type="text"/> <input type="text"/>	

ที่มา : Bull, Maslin & Armstrong (2009, p. 803-804)

วิธีการคำนวณระดับกิจกรรมทางกาย

การมีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูงจะใช้พลังงานเป็น 8 เท่าของการนั่งเฉยๆ และการมีกิจกรรมทางกายความหนักระดับปานกลางจะใช้พลังงาน 4 เท่าของการนั่งเฉยๆ

ค่าเม็ตของกิจกรรมทางกายในการประกอบอาชีพ

: ความหนักระดับสูง = 8.0 x เวลา (นาที) ของกิจกรรมทางกาย

: ความหนักระดับปานกลาง = 4.0 x เวลา (นาที) ของกิจกรรมทางกาย

ค่าเม็ตของกิจกรรมทางกายในการเดินทาง = 4.0 x เวลา (นาที) ของกิจกรรม

ค่าเม็ตของกิจกรรมทางกายในเวลาว่าง

: ความหนักระดับสูง = 8.0 x เวลา (นาที) ของกิจกรรมทางกาย

: ความหนักระดับปานกลาง = 4.0 x เวลา (นาที) ของกิจกรรมทางกาย

เกณฑ์ระดับการมีกิจกรรมทางกาย

สูง (High)

- มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูง > 3 วัน/สัปดาห์ และ ≥ 1500 เม็ต-นาที/สัปดาห์ หรือ
- มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูงหรือปานกลาง รวม ≥ 7 วัน/สัปดาห์ และ ≥ 3000 เม็ต-นาที/สัปดาห์

ปานกลาง (Moderate)

- มีกิจกรรมทางกายความหนักระดับสูง ≥ 3 วัน/สัปดาห์ และเวลา ≥ 20 นาทีต่อวัน หรือ
- กิจกรรมทางกายระดับความหนักปานกลางหรือเดิน ≥ 5 วัน/สัปดาห์ อย่างน้อยวันละ 30 นาทีต่อวัน หรือ
- กิจกรรมทางกายความหนักระดับสูงและปานกลางหรือเดิน รวม ≥ 5 วัน/สัปดาห์ และ ≥ 600 เม็ต-นาที/สัปดาห์

ต่ำ (Low)

- การมีกิจกรรมทางกายต่ำกว่าเกณฑ์ของการมีกิจกรรมทางกายระดับสูงและปานกลาง

ค่าเม็ตของกิจกรรมทางกายโดยรวม _____ เม็ต-นาที/สัปดาห์

ระดับการมีกิจกรรมทางกาย _____

ที่มา : วิชัย เอกพลากรและคณะ (มปป., หน้า 82-83)

ที่มา: ดร.ณวรัตน์ สุขสม (2561)



ภาคผนวก ง

แบบสอบถาม Morning-Eveningness ฉบับภาษาไทย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถาม morningness - Eveningness ฉบับภาษาไทย (T - MEQ)

คำสั่ง

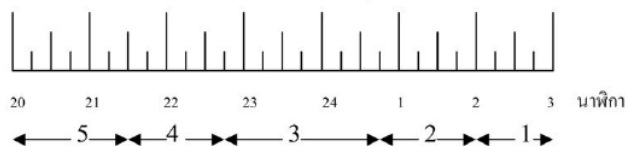
1. โปรดอ่านคำถามแต่ละข้อด้วยความระมัดระวังอย่างสูงก่อนตอบคำถาม
2. ตอบคำถาม**ทุกข้อ**
3. ตอบคำถามเรียงตามลำดับข้อ
4. ตอบคำถามแต่ละข้ออย่างเป็นอิสระต่อกัน **อย่า**ย้อนกลับและตรวจคำตอบข้อที่ผ่านมา
5. คำถามทุกคำถามมีคำตอบให้เลือก สำหรับคำถามแต่ละคำถามให้กาเครื่องหมายกากบาทในคำตอบเพียงคำตอบเดียว คำถามบางข้อมีช่วงคะแนนแทนการเลือกคำตอบ ให้กากบาทตรงจุดที่ถูกต้องในบริเวณช่วงคะแนน
6. โปรดตอบคำถามแต่ละคำถามตามความเป็นจริงเท่าที่จะเป็นไปได้ คำตอบและผลคะแนนจะถูกเก็บไว้เป็น**ความลับอย่างที่สุด**
7. ท่านมีอิสระที่จะแสดงความคิดเห็นใดๆก็ตาม โดยเขียนในช่องว่างที่ให้ไว้ได้คำถามแต่ละข้อ

แบบสอบถามพร้อมทั้งคะแนนแต่ละข้อ

1. พิจารณาเพียงจังหวะที่ “รู้สึกดีที่สุด” ของคุณเท่านั้น คุณจะตื่นนอนเวลาใด ถ้าคุณมีอิสระอย่างเต็มที่ในการวางแผนช่วงกลางวันของคุณ?



2. พิจารณาเพียงจังหวะที่ “รู้สึกดีที่สุด” ของคุณเท่านั้น คุณจะเข้านอนเวลาใด ถ้าคุณมีอิสระอย่างเต็มที่ในการวางแผนช่วงกลางคืนของคุณ?



ที่มา: Udomratn et al (2007)

3. ถ้าคุณจำเป็นต้องตื่นในเวลาที่จะเจาะจงในตอนเช้า คุณจำเป็นต้องฟังนาฬิกาปลุกมากน้อยเพียงใด?
- ไม่ฟังเลย..... 4
- ฟังเล็กน้อย..... 3
- ต้องฟังพอสมควร..... 2
- ต้องฟังมาก..... 1
4. สมมติว่าคุณอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ดีพอ คุณตื่นนอนตอนเช้าได้ง่ายแค่ไหน?
- ไม่ง่ายเลย..... 1
- ง่ายเล็กน้อย..... 2
- ง่ายพอสมควร..... 3
- ง่ายมาก..... 4
5. คุณรู้สึกตื่นตัวแค่ไหนในระหว่างครึ่งชั่วโมงแรกหลังจากที่คุณตื่นนอนตอนเช้า?
- ไม่ตื่นตัวเลย..... 1
- ตื่นตัวเล็กน้อย..... 2
- ตื่นตัวพอสมควร..... 3
- ตื่นตัวมาก..... 4
6. ความรู้สึกอยากอาหารของคุณเป็นอย่างไรในระหว่างครึ่งชั่วโมงแรกหลังจากที่คุณตื่นนอนตอนเช้า?
- แย่มาก..... 1
- แย่มากพอสมควร..... 2
- ดีพอสมควร..... 3
- ดีมาก..... 4
7. ในระหว่างครึ่งชั่วโมงแรกหลังจากที่คุณตื่นนอนตอนเช้าคุณรู้สึกเหนื่อยแค่ไหน?
- เหนื่อยมาก..... 1
- เหนื่อยพอสมควร..... 2
- สดชื่นพอสมควร..... 3
- สดชื่นมาก..... 4

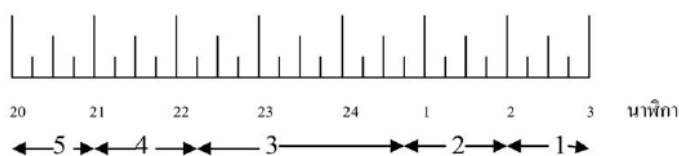
8. เมื่อคุณไม่มีพันธะหน้าที่ใดๆ ในวันถัดไป คุณจะเข้านอนเวลาใดเมื่อเปรียบเทียบกับเวลานอนตามปกติของคุณ?

ไม่ค่อยดีหรือไม่เคยดีกว่าเวลานอนปกติ..... 4
 ดีกว่าปกติไม่ถึง 1 ชั่วโมง..... 3
 ดีกว่าปกติ 1-2 ชั่วโมง..... 2
 ดีกว่าปกติเกิน 2 ชั่วโมง..... 1

9. คุณตัดสินใจว่าจะออกกำลังกายอย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อนคนหนึ่งแนะนำให้ออกกำลังกายครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และเวลาที่ดีที่สุดของเขาคือ ระหว่าง 7.00-8.00 น. พิจารณาเพียงจังหวะที่ "รู้สึกดีที่สุด" ของคุณเท่านั้น คุณคิดว่า你会ทำได้ดีเพียงใด?

น่าจะทำได้ดี..... 4
 น่าจะทำได้ดีพอสมควร..... 3
 น่าจะทำให้ดีได้ยาก..... 2
 น่าจะทำให้ดีได้ยากมาก..... 1

10. เวลาใดในตอนเย็นที่คุณจะรู้สึกเหนื่อย และเป็นผลให้อยากนอนหลับ



11. คุณต้องการอยู่ในสภาพที่สามารถทำข้อสอบได้ดีที่สุด ซึ่งคุณรู้ว่าเป็นสิ่งที่จิตใจต้องเหนื่อยล้า และเป็นการสอบนานถึง 2 ชั่วโมง หากคุณมีอิสระเต็มที่ในการวางแผนวันของคุณ และพิจารณาเพียงจังหวะที่ "รู้สึกดีที่สุด" ของคุณเท่านั้น คุณจะเลือกสอบเวลาใดใน 4 ช่วงเวลาต่อไปนี้?

08.00-10.00 น..... 6
 11.00-13.00 น..... 4
 15.00-17.00 น..... 2
 19.00-21.00 น..... 0

12. ถ้าคุณเข้านอนในเวลา 23.00 น. คุณจะรู้สึกเหนื่อยในระดับใด?
- ไม่เหนื่อยเลย..... 0
- เหนื่อยเล็กน้อย..... 2
- เหนื่อยพอสมควร..... 3
- เหนื่อยมาก..... 5
13. มีเหตุผลบางประการที่ทำให้คุณเข้านอนดึกกว่าปกติหลายชั่วโมง แต่คุณไม่จำเป็นต้องตื่นตามเวลาที่เจาะจงในวันถัดไป จากภาวะดังกล่าวข้อใดต่อไปนี้เป็นเหตุการณ์ที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นกับคุณมากที่สุด?
- จะตื่นตามเวลาปกติและจะไม่นอนอีก..... 4
- จะตื่นตามเวลาปกติและจะสัปหงกในภายหลัง..... 3
- จะตื่นตามเวลาแต่จะนอนอีกครั้ง..... 2
- จะตื่นสายไปกว่าปกติ..... 1
14. คืนวันหนึ่งคุณต้องตื่นเวลา 04.00-06.00 น. เพื่ออยู่ยามเวลากลางคืน คุณไม่มีพันธะหน้าที่ใดๆในวันถัดไป ทางเลือกใดต่อไปนี้จะเหมาะสมกับคุณมากที่สุด
- จะไม่เข้านอนจนกว่าจะออกจากการอยู่ยามแล้ว..... 1
- จะงีบหลับก่อนอยู่ยามแล้วค่อยหลับเต็มที่หลังจากการอยู่ยามแล้ว..... 2
- จะหลับให้เต็มที่ก่อนการอยู่ยามและงีบหลับหลังการอยู่ยามแล้ว..... 3
- จะนอนให้เต็มที่ก่อนการอยู่ยาม..... 4
15. คุณต้องทำงานที่ใช้แรงกายอย่างหนัก 2 ชั่วโมง หากคุณมีอิสระเต็มที่ในการวางแผนวันของคุณ และพิจารณาเพียงจังหวะที่ "รู้สึกดีที่สุด" ของคุณเท่านั้น เวลาใดเพียงเวลาเดียวต่อไปนี้จะเหมาะสมกับคุณมากที่สุด?
- 08.00-10.00 น..... 4
- 11.00-13.00 น..... 3
- 15.00-17.00 น..... 2
- 19.00-21.00 น..... 1

16. คุณตัดสินใจว่าจะออกกำลังกายอย่างหนัก เพื่อนคนหนึ่งแนะนำให้ออกกำลังกายครั้งละ 1 ชั่วโมง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และเวลาที่ตีที่สุดของเขาคือ ระหว่าง 22.00-23.00 น. พิจารณาเพียงจังหวะที่ “รู้สึกดีที่สุด” ของคุณเท่านั้น คุณคิดว่า你会ทำได้เพียงใด?

- น่าจะทำได้ดี..... 1
 น่าจะทำได้ดีพอสมควร..... 2
 น่าจะทำให้ตีได้ยาก..... 3
 น่าจะทำให้ตีได้ยากมาก..... 4

17. สมมติว่าคุณสามารถเลือกชั่วโมงทำงานของคุณได้ และหากว่าคุณทำงานวันละ 5 ชั่วโมง (รวมช่วงเวลาหยุดพัก) และงานของคุณน่าสนใจและได้รับค่าตอบแทน จากผลการปฏิบัติงาน คุณจะเลือกช่วงเวลาทำงานติดต่อกัน 5 ชั่วโมง ในช่วงใด?



18. เวลาใดของวันเป็นเวลาที่คุณคิดว่าคุณถึงจุดสูงสุดที่คุณ “รู้สึกดีที่สุด”?



19. เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปเกี่ยวกับการเป็นคนชนิด “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางวัน” และ “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางคืน” จากการประเมินตนเอง คุณคิดว่าคุณเป็นบุคลลชนิดใด?

- เป็นคนชนิด “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางวัน” แน่แน่นอน..... 6
 ก่อนข้างเป็นคนชนิด “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางวันมากกว่าชนิดใช้ชีวิตตอนกลางคืน”..... 4
 ก่อนข้างเป็นคนชนิด “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางคืนมากกว่าชนิดใช้ชีวิตตอนกลางวัน”..... 2
 เป็นคนชนิด “ถนัดใช้ชีวิตตอนกลางคืน” แน่แน่นอน..... 0

ระดับคะแนนที่แบ่งระยะเวลาการเข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

Score	16-30	31-41	42-58	59-69	70-86
Sleep onset	2:00-3:00 AM (02:00-03:00 h)	12:45-2:00 AM (00:45-02:00 h)	10:45 PM-12:45 AM (22:45-00:45 h)	9:30-10:45 PM (21:30-22:45 h)	9:00-9:30 PM (21:00-21:30 h)
Wake-up	10:00-11:30 AM (10:00-11:30 h)	8:30-10:00 AM (08:30-10:00 h)	6:30-8:30 AM (06:30-08:30 h)	5:00-6:30 AM (05:00-06:30 h)	4:00-5:00 AM (04:00-05:00 h)





ภาคผนวก จ

การทดสอบตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)



เครื่องมือ : เครื่องวัดดัชนีมวลกาย ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอชบีเอฟ 75 (OMRON Body Composition Monitor HBF-375)

1. ผู้เข้ารับการทดสอบถอดเครื่องประดับหรือเครื่องใช้ที่เป็นโลหะออกจากร่างกาย ถอดรองเท้าและถุงเท้า
2. ใส่ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบในเครื่องวัด ได้แก่ อายุ ส่วนสูงและเพศ
3. ยืนบนเครื่องมือด้วยให้เท้าสัมผัสเครื่อง
4. ใช้มือ 2 ข้างจับบริเวณมือจับ
5. กดปุ่มเริ่มการทดสอบ บันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และอัตราการเผาผลาญในขณะพัก
6. ใช้เวลาการทดสอบประมาณ 2-3 นาทีโดยขณะทดสอบกลุ่มตัวอย่างสามารถหลับตาหรือลืมตาได้โดยอภัย

ที่มา: ดร.ณรรณ สุขสม, (2561)



การทดสอบตัวแปรความความอ่อนตัว (Flexibility)



เครื่องมือ : กล่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box) ยี่ห้อแกรนด์สปอร์ต (Grandsport, Thailand)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขน ขา และหลัง (ก่อนทดสอบให้ถอดรองเท้า)
2. ผู้รับการทดสอบนั่งตัวตรง เหยียดขาตรงไปข้างหน้าให้เข่าตึง ฝ่าเท้าทั้งสองข้างตั้งขึ้นในแนวตรง และให้ฝ่าเท้าวางราบชิดติดกับผนังกล่องวัดความอ่อนตัว ฝ่าเท้าวางห่างกันเท่ากับความกว้างของช่วงสะโพกของผู้รับการทดสอบ
3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้รับการทดสอบยกแขนทั้ง 2 ข้างขึ้นในท่าข้อศอกเหยียดตรง และคว่ำมือให้ฝ่ามือทั้งสองข้างวางคว่ำซ้อนทับกันพอดีแล้วยื่นแขนตรงไปข้างหน้าแล้วให้ผู้รับการทดสอบค่อยๆ ก้มลำตัวไปข้างหน้าพร้อมกับเหยียดแขนที่มีมือคว่ำซ้อนทับกันไป วางไว้บนกล่องวัดความอ่อนตัวให้ได้ไกลที่สุดจนไม่สามารถก้มลำตัวลงไปได้อีก ให้ก้มตัวค้างไว้ 3 วินาทีแล้วกลับมาสู่ท่านั่งตัวตรง ทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้งติดต่อกัน

ที่มา: ดร.ณวรรณ สุขสม (2561)



ภาคผนวก ช

การทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion test)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของหลัง (Back range of motion test)



เครื่องมือ : Baseline bubble inclinometer (model 12-1056, Fabrication Enterprises, New York, USA) สำหรับประเมินองศาการเคลื่อนไหวของหลัง

วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบอบอุ่นร่างกายด้วยการยืนหมุนตัวไปทางซ้ายและขวาเป็นระยะเวลา 1 นาที
2. ผู้ถูกทดสอบยืนตรง ขากางระดับไหล่แขนปล่อยข้างลำตัวในขณะที่ผู้วิจัยทำการระบุจุด T12 และ S1 จะใช้ Micropore ที่ทำเครื่องหมายแปะไว้ โดยใช้ Iliac crest เพื่อเป็นจุดตั้งต้นของ L4-5 แล้วทำการระบุจุด S1 จุด T12 จะใช้การวางตัวของซี่โครงที่ 12 ที่จุด Spinous process
3. ประเมินการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic flexion โดยที่ Inclinometer วางอยู่ที่ T12-L1 จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบก้มตัวพยายามให้มือแตะที่เท้าในขณะที่เข่าเหยียดตรง
5. ประเมินการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic extension โดยที่ Inclinometer จะวางอยู่ที่ T12-L1 จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบแอ่นหลังในขณะที่เข่าเหยียดตรง
6. ประเมินการเคลื่อนไหวของ Thoracolumbo-pelvic lateral flexion โดยที่ Inclinometer จะวางแนบระหว่าง T9-T12-L1 จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบเอียงตัวใช้นิ้วแตะไปที่ขาโดยไม่ให้มีการก้มตัวหรือแอ่นตัว ในขณะที่เข่าเหยียดตรงจากนั้นให้ทำการทดสอบอีกข้างหนึ่ง
7. ประเมินท่าละ 3 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

ที่มา: Sadeghi et al (2015)



ภาคผนวก ซ

การทดสอบตะมือด้านหลัง (Back Scratch Test)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบแตะมือด้านหลัง (Back Scratch Test)



เครื่องมือ สายวัด เพื่อวัดความอ่อนตัวของหลังส่วนล่างและต้นขาด้านหลัง

วิธีการ

1. ยึดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณไหล่ สะบัก หน้าอก และแขน ประมาณ 2 นาที
2. ยกแขนซ้ายขึ้นเหนือไหล่ แล้วงอศอกลงให้ฝ่ามือและนิ้วแตะด้านหลังมากที่สุด
3. แขนขวาอศอกขึ้นแนวหลังแล้วยกให้สูงที่สุด (หงายมือ) พยายามให้นิ้วและมือทั้งสองข้างใกล้กันหรือทับกันมากที่สุด (มือซ้าย ทับมือขวา) และให้ทำค้ำไว้
4. วัดระยะทางปลายนิ้วกลางมือทั้งสองข้าง ถ้าแตะกันพอดีระยะทางเป็น 0
ถ้านิ้วหรือมือทับกันระยะทางเป็น + ซม. ถ้านิ้วแตะไม่ถึงกันระยะทางเป็น - ซม.
5. วิธีนี้เรียกว่า ซ้ายอยู่บน จากนั้นสลับเปลี่ยนมือด้านตรงข้ามเป็นขวาอยู่บน

ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (2561)



ภาคผนวก ฅ

ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อขา

(Back/leg muscular strength)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา (Back-leg muscle strength)



เครื่องมือ : เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขา (Back muscle dynamometer) ยี่ห้อ
ทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5002 (Takei T.K.K. 5002, Takei Scientific Instruments Co.,
Ltd, Tokyo, Japan)

วิธีการ

1. จัดระดับที่จับของเครื่องมือให้เหมาะสม
2. จัดทำให้อยู่ในลักษณะหลังตรงในท่ายืนเข่างอท่ามุม 15 องศา คว่ำมือจับที่จับ
3. ผู้วิจัยปรับสายโซ่ที่คล้องอยู่ระหว่างเครื่องให้พอดีอยู่ในระดับมือ
4. ผู้ถูกทดสอบออกแรงเหยียดขาด้วยแรงสูงสุด โดยที่หลังตรงไม่แอ่นหรือเหยียดไปทางด้านหลัง จากนั้นผู้วิจัยบันทึกน้ำหนักสูงสุด จากนั้นพักเป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วทำซ้ำจำนวนทั้งหมด 2 ครั้ง
5. ผลที่ได้จะบันทึกค่าที่มากที่สุดในการทดสอบ นำผลที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

ที่มา: ดร.ณวรรณ สุขสม (2561)



ภาคผนวก ญ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกำมือ (Hand grip muscle strength)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อกำมือ (Hand grip muscle strength)



เครื่องมือ : เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อกำมือ (Handgrip dynamometer) ยี่ห้อทาเคอิ รุ่น ทีเคเค 5001 (Takei T.K.K. 5001, Takei Scientific Instruments Co., Ltd, Tokyo, Japan)

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอลำตัวที่ใช้เป็นการทำงานแบบ Isometric testing ในท่ายืน

วิธีการ

1. จัดระดับที่จับของเครื่องมือให้เหมาะสมกับมือของผู้รับทดสอบ โดยใช้มือที่ถนัดกำเครื่องมือ ข้อที่สองของนิ้วชี้เป็นมุมฉาก
2. ให้ผู้รับทดสอบปล่อยแขนตามสบายข้างลำตัว มือกำที่จับของเครื่องมือให้ห่างลำตัวประมาณ 1 ฝ่ามือ
3. ให้ผู้รับการทดสอบกำมือให้แรงที่สุด (ห้ามมือชิดตัวขณะออกแรง)
4. จากนั้นพักเป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วทำซ้ำจำนวนทั้งหมด 2 ครั้ง
5. ผลที่ได้จะบันทึกค่าที่มากที่สุดในการทดสอบ นำผลที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบโดยมีเกณฑ์มาตรฐานดังตาราง

เกณฑ์มาตรฐานของแรงบีบมือ

ที่มา: ปรับมาจาก สุพิตร สมานิติ (2556)

ช่วงอายุ (ปี)	แรงบีบมือ (กิโลกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว)									
	เพศชาย					เพศหญิง				
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
19	0.58 ลงมา	0.59-0.66	0.67-0.74	0.75-0.82	0.83 ขึ้นไป	0.41 ลงมา	0.42-0.48	0.49-0.55	0.56-0.62	0.63 ขึ้นไป
20-24	0.59 ลงมา	0.6-0.67	0.68-0.75	0.76-0.83	0.84 ขึ้นไป	0.43 ลงมา	0.44-0.50	0.51-0.57	0.58-0.64	0.65 ขึ้นไป
25-29	0.53 ลงมา	0.54-0.63	0.64-0.73	0.74-0.84	0.85 ขึ้นไป	0.41 ลงมา	0.42-0.48	0.49-0.55	0.56-0.52	0.63 ขึ้นไป
30-34	0.5	0.51-0.60	0.61-0.70	0.71-0.80	0.81	0.39	0.40-0.46	0.47-0.53	0.54-0.60	0.61

ที่มา: ดร.ฉวีวรรณ สุขสม (2561)



ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance)



เครื่องมือ : เบาะรอง

วิธีการ

การทดสอบกล้ามเนื้อแขนโดยการดันพื้น (Push-up)

1. ให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าราบคว่ำหน้า แขนทั้ง 2 ข้างวางที่พื้นระดับหัวไหล่ ขาเหยียดตรง
2. ให้ผู้รับการทดสอบดันพื้นขึ้นลง ต่อเนื่องให้ได้มากที่สุด ใน 1 นาที ลงให้หน้าอกห่างจากพื้นประมาณ 1 กำมือ
3. บันทึกค่าเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

ความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการลุกนั่ง (sit-up)

1. ให้ผู้รับการทดสอบนอนหงายตั้งเข่าขึ้น ประมาณ 90 องศา วางมือ 2 ข้าง ไว้ใต้ท้ายทอย ยกศีรษะและไหล่ 2 ข้างให้ลอยจากพื้นขึ้นมาจนสุด
2. ให้ผู้รับการทดสอบลุกนั่งต่อเนื่องให้ได้มากที่สุด ใน 1 นาที
3. บันทึกค่าเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

Fitness Categories for the Push-up by Age and Sex										
Category	Age (yr)									
	20–29		30–39		40–49		50–59		60–69	
Sex	M	W	M	W	M	W	M	W	M	W
Excellent	≥36	≥30	≥30	≥27	≥25	≥24	≥21	≥21	≥18	≥17
Very good	29–35	21–29	22–29	20–26	17–24	15–23	13–20	11–20	11–17	12–16
Good	22–28	15–20	17–21	13–19	13–16	11–14	10–12	7–10	8–10	5–11
Fair	17–21	10–14	12–16	8–12	10–12	5–10	7–9	2–6	5–7	2–4
Poor	≤16	≤9	≤11	≤7	≤9	≤4	≤6	≤1	≤4	≤1

ที่มา : ดร.ณวรรณ สุขสม (2561), Cuenca-Garcia et al (2022)



การทดสอบตัวแปรสมรรถภาพระบบหัวใจและหายใจ (Cardiorespiratory fitness)



เครื่องมือ : เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่น เมตาแม็กซ์ 3 บี (Cortex Metamax 3B, Leipzig, Germany) บนลู่วิ่ง (Treadmills)

เครื่องวัดอัตราเต้นของหัวใจ ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น H10 (Polar Electro UK Ltd., Warwick, UK) การทดสอบจะใช้รูปแบบการทดสอบด้วย

วิธีการ

1. กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที ต่อจากนั้นให้เดินบนลู่วิ่งที่อัตราเร็ว 3-5 กม./ชม เป็นเวลา 5 นาทีก่อนการทดสอบ
2. ทำการทดสอบตามโปรโตคอลที่กำหนด คือ บรูซ โปรโตคอล (Bruce Protocol) โดยกำหนดความหนักให้มีการเพิ่มความหนักด้วยความเร็วและความชัน ทุกๆ 3 นาที โดยจะทำการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen uptake; VO_2peak) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 30 วินาทีที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; HR_{max}) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 30 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที
3. ทำการหยุดการทดสอบเมื่อ ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติต่อไปไม่ไหวจากการบอกรู้สึกเหนื่อยหรือระดับค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซช่วงหายใจ (Respiratory exchange ratio; RER) มากกว่าเท่ากับ 1.10 (ACSM., 2018)
4. จบการทดสอบให้ผู้เข้ารับผ่อนคลายร่างกายบนลู่วิ่งเป็นเวลา 5 นาทีและตามด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที การทดสอบจะใช้เวลาในการทดสอบประมาณคนละ 45 นาที

TREADMILL PROTOCOLS										
METS	RAMP		MODIFIED BRUCE 3 min Stages		BRUCE 3 min Stages		NAUGHTON 2 min Stages		MODIFIED NAUGHTON (CHF) 2 min Stages	
			MPH	%GR	MPH	%GR			MPH	%GR
21										
20			6.0	22	6.0	22				
19										
18			5.5	20	5.5	20				
17										
16										
15			5.0	18	5.0	18				
14	PER 30 SEC									
	MPH	%GR							MPH	%GR
13	3.0	25.0	4.2	16	4.2	16			3.0	25
	3.0	24.0							3.0	22.5
12	3.0	23.0							3.0	20
	3.0	22.0							3.0	17.5
11	3.0	21.0							3.0	15
	3.0	20.0							3.0	12.5
10	3.0	18.0	3.4	14	3.4	14			3.0	10
	3.0	17.0							3.0	7.5
9	3.0	16.0					MPH	%GR	3.0	15
	3.0	15.0					2	17.5	3.0	12.5
8	3.0	14.0							3.0	10
	3.0	13.0					2	14.0	3.0	7.5
7	3.0	12.0	2.5	12	2.5	12			3.0	10.5
	3.0	11.0							2.0	7.0
6	3.0	10.0							2.0	7.0
	3.0	9.0							2.0	3.5
5	3.0	8.0	1.7	10	1.7	10	2	10.5	2.0	10.5
	3.0	7.0					2	7.0	2.0	7.0
4	3.0	6.0							2.0	3.5
	3.0	5.0					2	3.5	2.0	0
3	3.0	4.0							1.5	0
	3.0	3.0	1.7	5			2	0	1.0	0
2	3.0	2.0	1.7	0			1	0	1.0	0
	3.0	1.0								
1	3.0	0								
	2.5	0								
	2.0	0								
	1.5	0								
	1.0	0								
	0.5	0								

บรูซ โปรโตคอล (Bruce Protocol)

ขั้นตอนการทำความสะอาदन้ากากที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

น้ากากที่ใช้ในการทดสอบจะถูกทำความสะอาดและทำลายเชื้อ ซึ่งเป็นขั้นตอนปกติของหลักปฏิบัติ เพื่อสุขอนามัยของผู้มารับบริการจากห้องปฏิบัติการฯ ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการทดสอบแต่ละครั้ง จะเปลี่ยนน้ากากที่ใช้ในการทดสอบใหม่ทุกครั้งและภายหลังจากการใช้งานจะนำน้ากากไปทำความสะอาด ดังนี้

1. ผู้วิจัยสวมถุงมือก่อนล้างน้ากากเพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อนออกก่อนนำไปเข้ากระบวนการแช่น้ายาฆ่าเชื้อโรค
2. นำน้ากากแช่น้ายาทำลายเชื้อตามระยะเวลาที่กำหนด หรือตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตกำหนด

3. นำหน้ากากมาล้างด้วยน้ำปราศจากเชื้อ เพื่อกำจัดคราบสารเคมีของน้ำยาทำลายเชื้อจนหมดคราบและกลิ่นของสารเคมี

4. นำหน้ากากที่ผ่านกระบวนการทำลายเชื้อเรียบร้อยแล้ว มาทำให้แห้ง โดยการเป่าด้วยลมร้อนแล้วนำหน้ากากนั้นใส่ในถุงพลาสติกที่สะอาด เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนวิเคราะห์ผลตามตัวแปร ดังนี้

1. เวลาในการทดสอบ (Test duration) มีหน่วยเป็นวินาที และขั้น (Stage) ของการทดสอบ
2. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen uptake; VO_2 peak) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที
3. อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; HRmax) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที

ที่มา: Strom et al (2018), ACSM (2018)



สมรรถภาพปอด (Pulmonary function test)



เครื่องมือ : เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงก์ (Spirobank, USA)

แบคทีเรียฟิลเตอร์ (Bacteria filter) ยี่ห้อ ไวเยอร์ เมดิเคิล รุ่นไมโครการ์ดสอง (Vyair Medical, MicroGard® II PFT Filter, USA)

อุปกรณ์สำหรับผู้วิจัยในขณะควบคุมการทดสอบ หน้ากากN95, Face shield, ถุงมือ และ เสื้อกาวน์พลาสติก

วิธีการ:

1. จัดเตรียมพื้นที่สำหรับการทดสอบ เป็นพื้นที่โปร่งอากาศถ่ายเทสะดวก ผู้วิจัยจะทำการใส่ หน้ากาก N95, Face shield, ถุงมือ และ เสื้อกาวน์พลาสติก
2. การเตรียมผู้ป่วย ไม่ควรสวมเสื้อที่รัดทรงอกและท้อง และหลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่ อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
3. นั่งตัวและหน้าตรง เท้าทั้งสองข้างแตะกับพื้นจากนั้นหนีบจมูกด้วย nose clip
4. หายใจเข้าเต็มที่ (จนถึง total lung capacity)
5. อม mouthpiece และปิดปากให้แน่นรอบ mouthpiece
6. หายใจออกให้เร็วและแรงเต็มที่จนหมด (จนถึง residual volume) จากนั้นสูดหายใจเข้าเต็มที่
7. ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์อย่างน้อย 3 กราฟสามารถทำซ้ำได้ไม่เกิน 8 ครั้ง
8. ตรวจสอบดูว่าเข้าเกณฑ์ acceptability & reproducibility หรือไม่
9. อุปกรณ์ disposable ทั้งหมดจะถูกทิ้งใส่ขยะติดเชื้อ

ที่มา : สมาคมออร์เวซแห่งประเทศไทย. (2561)



การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



- เครื่องมือ :
1. เครื่องอัลตราซาวด์ ยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น EPIQ5 (EQIP%, Philips Healthcare, Anodover, MA, USA) และหัวตรวจยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น 1-5 ทรานสดิวเซอร์ (L5-1 Transducer, Philips)
 2. แบบประเมินภาระงาน (NASA-TLX) และระดับความเหนื่อยล้าแบบของการรู้คิด (Mental visual analog scale; Mental VAS)
 3. งาน TloadDBack บน Psychtoolbox version 3.0.18 MATLAB R2021a, TloadDback, Psychtoolbox
 4. อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น H10 (Polar Electro UK Ltd., Warwick, UK)
 5. อุปกรณ์ประเมินระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมอง ยี่ห้อ เซนสมาร์ท รุ่น เอ็กซ์ 100 (SenSmart® Model X-100, USA) และโปรแกรม SenSmart® management
 6. แบบวัดความเครียดสวนปรง (STSP-20)
 7. แบบประเมินคุณภาพการนอนหลับจากแบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)
 8. แบบประเมินระดับอารมณ์ด้วยแบบสอบถาม บรูเนล ฉบับภาษาไทย (Thai-Brunel Mood Scale; Thai-BRUMS)
 9. เครื่องวัดความดัน ยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เอชอีเอ็ม 7121 (Hem 7121, OMRON, Kyoto, Japan)

10. โปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) บนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (macOS Big Sur version 11.2.3, 2.3 GHz Processor และ ความจุความจำที่ 16 GB)

11. โปรแกรม Elite HRV (Elite HRV LLC, Asheville, NC, USA, Release 4.0.2, 2018) for iOS ด้วย Bluetooth 4.2 บนอุปกรณ์ MPRL2B/A (iphone7, Canada)

การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเป็นการจำลองสถานการณ์ การเพิ่มการทำงานของ การรู้คิดแบบ 2 อย่างที่ทำไปพร้อมกันในระยะเวลาที่จำกัด

วิธีการ

1. ทำการประเมินความเครียดด้วยแบบวัดความเครียดสวนปรุง (STSP-20) ประเมินคุณภาพการนอนหลับจากแบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)

2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทดสอบต่างๆของ Cognitive function test โดยจะให้ทำการทดสอบละ 10 ชุด ยกเว้น Psychomotor vigilance task และ Tower of London ให้ทำ 5 แบบทดสอบ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

3. พัก 10 นาที

4. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่

- Polar H10 และสายคาดหน้าอกเพื่อวัด HRV ร่วมกับโปรแกรม Elite HRV

- เชื่อมต่อฮอลล์บริเวณหน้าผากและติดแผ่น electrode ระดับความอิมตัวของออกซิเจนในสมอง

- เพื่อป้องกันการเกิดความแตกต่างของการแปลผลของการทำงานของสมองจากความถนัด จึงทำการคัดเลือกเฉพาะผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ถนัดด้านขวา และสวม Headband สำหรับวางหัวตรวจอัลตราซาวด์ที่บริเวณ Left temporal window เพื่อใช้สำหรับการประเมินความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง จะอยู่ที่ความลึก 4-6 เซนติเมตร และใช้ความลึกที่เท่ากันในการทดสอบหลังการทดลอง

5. ทำการประเมินภาระงานและความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยแบบประเมินภาระงาน (NASA-TLX) ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและประเมินระดับอารมณ์ด้วยแบบสอบถาม บรูเนลฉบับภาษาไทย ที่จุดเริ่มต้น หลังการประเมินการรู้คิดครั้งที่ 2 ภายหลังจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและระยะเวลาการฟื้นฟูหลังจากทำการทดสอบ 5 นาที

6. ประเมิน HRV ตลอดการทดสอบ ด้วยโปรแกรม Elite HRV ที่ติดตั้งบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (iPad Pro Version 15.0.2) และทำการประมวลผลโดยโปรแกรม Kubios (Kubios HRV, 2.1, Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finland)

7. ประเมินระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) หรือ ความถูกต้อง (Correction) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ด้วย โปรแกรม The Psychology Experiment Building Language (PEBL) (ผู้รับการทดสอบมีระยะเวลาพัก 1 นาทีก่อนการกระตุ้น ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด และสามารถดื่มน้ำเย็นในขณะที่พักได้)

8. การกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด กระตุ้นด้วยการทำการทดสอบ Individualized TloadDback จากเวลาเฉพาะของแต่ละบุคคลที่ได้จากการประเมิน ซึ่งจะเป็นเวลาที่น้อยที่สุดที่ผู้เข้ารับการทดสอบสามารถทำได้และยังสามารถคงค้างความถูกต้องของการทดสอบ TloadDback ได้มากกว่าร้อยละ 85

9. วัดความเร็วเฉลี่ยและความเร็วสูงสุดของหลอดเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง มิติเดล เซเรบรอลอาร์เทอร์เรียลทดสอบ จะทำการวัดทั้งหมด 14 ครั้ง ผู้วิจัยจะทำการบันทึกจำนวน 3 - 10 รูปในแต่ละครั้งที่ทำการวัด โดยจะห่างกันประมาณ 5 วินาที โดยจะวัดที่ 1.5 นาทีสุดท้ายของแต่ละแบบทดสอบ โดยจะทำการวัดในบริเวณเดียวกันในการทดสอบก่อนและหลังการฝึก โดยจะใช้ความลึกของการประเมินในครั้งที่ 1 ในการทดสอบครั้งที่ 2 หลังการฝึก

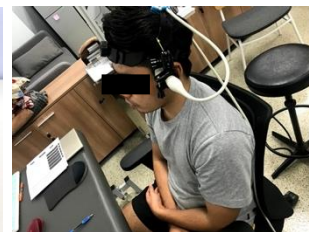
10. วัดระดับความอึดตัวของออกซิเจนในสมองตลอดการทดสอบ โดยจะนำข้อมูลการวัดที่ 1.5 นาทีสุดท้ายของแต่ละแบบทดสอบมาหาค่าเฉลี่ย พร้อมกับการวัดความเร็วเฉลี่ยและความเร็วสูงสุดของหลอดเลือดที่ไหลในหลอดเลือดสมอง

การปฏิบัติตัวก่อนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ได้แก่

- 1) งดดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรืออาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ
- 2) งดดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ
- 3) ผู้เข้ารับการทดสอบต้องมีจำนวนชั่วโมงที่นอนในคืนก่อนการทดสอบไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง
- 4) ไม่มีการทำงานอย่างน้อย 6 ชั่วโมงก่อนการเข้ารับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด
- 5) การทดสอบทั้งก่อนและหลังการฝึกจะทำการทดสอบในเวลาเดียวกันของวัน



การวาง electrode สำหรับ
การวัดระดับออกซิเจนในสมอง
บริเวณหน้าผาก



Headbandและการวางหัวตรวจอัลตราซาวด์ที่
บริเวณความอิมตัวของ Left Temporal Window





แบบวัดความเครียด
(SPST - 20)

คำชี้แจง : ในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา มีเหตุการณ์ในข้อใด เกิดขึ้นกับตัวคุณบ้าง และคุณมีความรู้สึกอย่างไรต่อเหตุการณ์นั้น ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเครียด ถ้าข้อไหนไม่ได้เกิดขึ้นให้ข้ามไปไม่ต้องตอบ

ระดับความเครียด	1	หมายถึง	ไม่รู้สึกเครียด
ระดับความเครียด	2	หมายถึง	รู้สึกเครียดเล็กน้อย
ระดับความเครียด	3	หมายถึง	รู้สึกเครียดปานกลาง
ระดับความเครียด	4	หมายถึง	รู้สึกเครียดมาก
ระดับความเครียด	5	หมายถึง	รู้สึกเครียดมากที่สุด

ข้อที่	คำถามในระยะ 6 เดือน ที่ผ่านมา	ระดับของความเครียด				
		1	2	3	4	5
1	กลัวทำงานผิดพลาด					
2	ไปไม่ถึงเป้าหมายที่วางไว้					
3	ครอบครัวมีความขัดแย้งกันในเรื่องเงินหรือเรื่องงานในบ้าน					
4	เป็นกังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียง และดิน					
5	รู้สึกว่าต้องแข่งขันหรือเปรียบเทียบ					
6	เงินไม่พอใช้จ่าย					
7	กล้ามเนื้อตึงหรือปวด					
8	ปวดหัวจากความตึงเครียด					
9	ปวดหลัง					
10	ความอยากอาหารเปลี่ยนแปลง					
11	ปวดศีรษะข้างเดียว					
12	รู้สึกวิตกกังวล					
13	รู้สึกคับข้องใจ					
14	รู้สึกโกรธ หรือหงุดหงิด					
15	รู้สึกเศร้า					
16	ความจำไม่ดี					
17	รู้สึกสับสน					
18	ตั้งสมาธิลำบาก					
19	รู้สึกเหนื่อยง่าย					
20	เป็นหวัดบ่อย ๆ					
คะแนนรวม						

ที่มา : กรมสุขภาพจิต (2561)

ระดับของความเครียด

ระดับคะแนน 0 – 23 คะแนน

ท่านมีความเครียดอยู่ในระดับน้อยและหายไปได้ในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นความเครียดที่เกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวันและสามารถปรับตัวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ความเครียดในระดับนี้ถือว่ามิใช่ประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน เป็นแรงจูงใจที่นำไปสู่ความสำเร็จในชีวิตได้

ระดับคะแนน 24 – 41 คะแนน

ท่านมีความเครียดในระดับปานกลางเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวันเนื่องจากมีสิ่งคุกคามหรือเหตุการณ์ที่ทำให้เครียด อาจรู้สึกวิตกกังวลหรือกลัว ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ความเครียดระดับนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือเป็นผลเสียต่อการดำเนินชีวิต ท่านสามารถผ่อนคลายความเครียดด้วยการทำกิจกรรมที่เพิ่มพลัง เช่น ออกกำลังกาย เล่นกีฬา ทำสิ่งที่สนุกสนาน เพลิดเพลิน เช่น ฟังเพลง อ่านหนังสือ ทำงานอดิเรก หรือพูดคุยระบายความไม่สบายใจกับผู้ที่ไว้วางใจ

ระดับคะแนน 42 – 61 คะแนน

ท่านมีความเครียดในระดับสูง เป็นระดับที่ท่านได้รับความเดือนร้อนจากสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ รบกวน ทำให้วิตกกังวล กลัว รู้สึกขัดแย้งหรืออยู่ในสถานการณ์ที่แก้ไข จัดการปัญหานั้นไม่ได้ ปรับความรู้สึกด้วยความลำบากจะส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน และการเจ็บป่วย เช่น ความดันโลหิตสูง เป็นแผลในกระเพาะอาหาร ฯลฯ

สิ่งที่ท่านต้องรีบทำเมื่อมีความเครียดในระดับนี้คือ คลายเครียดด้วยวิธีที่ทำได้ง่ายแต่ได้ผลดีคือ การฝึกหายใจ คลายเครียด พูดคุยระบายความเครียดกับผู้ไว้วางใจ หาสาเหตุหรือปัญหาที่ทำให้เครียดและหาวิธีแก้ไข หากท่านไม่สามารถจัดการคลายเครียดด้วยตนเองได้ ควรปรึกษากับผู้ให้การปรึกษาในหน่วยงานต่าง ๆ

ระดับคะแนน 62 คะแนนขึ้นไป

ท่านมีความเครียดในระดับรุนแรง เป็นความเครียดระดับสูงที่เกิดต่อเนื่องหรือท่านกำลังเผชิญกับวิกฤตของชีวิต เช่น เจ็บป่วยรุนแรง เรือร้อมมีความพิการ สูญเสียคนรัก ทรัพย์สิน หรือสิ่งที่รัก ความเครียดระดับนี้ส่งผลทำให้เจ็บป่วยทางกายและสุขภาพจิต ชีวิตไม่มีความสุข ความคิดฟุ้งซ่าน การตัดสินใจไม่ดี ยับยั้งอารมณ์ไม่ได้

ความเครียดระดับนี้ถ้าปล่อยไว้จะเกิดผลเสียทั้งต่อตนเองและคนใกล้ชิด ควรได้รับการช่วยเหลือจากผู้ให้การปรึกษาอย่างรวดเร็ว เช่น ทางโทรศัพท์ หรือผู้ให้การปรึกษาในหน่วยงานต่าง ๆ

ที่มา : กรมสุขภาพจิต (2561)



ภาคผนวก ถ

แบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก



The Pittsburgh Sleep Quality Index



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินคุณภาพการนอนหลับ (The Pittsburgh Sleep Quality Index : PSQI) ข้อ 1-9
 คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย / หรือเติมข้อความในช่องว่างแต่ละข้อที่ตรงกับกรนอนหลับส่วนใหญ่ของท่านในระยะ 1
 เดือนที่ผ่านมา (กรุณาตอบทุกข้อ)

1. ท่านมักเข้านอนเวลาประมาณน.
2. ท่านต้องใช้เวลานานานประมาณเท่าไรตั้งแต่เข้านอนจนหลับ ประมาณนาที
3. ปกติท่านลุกจากที่นอนเช้าเวลาน.
4. ปกติท่านนอนหลับได้คืนละ..... ชั่วโมง (จำนวนชั่วโมงอาจแตกต่างจากจำนวนชั่วโมงตั้งแต่เริ่มเข้านอน
จนถึงตื่นนอน)
5. ใน 1 เดือนที่ผ่านมาท่านมีปัญหาในการนอนหลับบ่อยแค่ไหน เนื่องจาก สาเหตุใด (ให้ / ในช่องที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว)

	ไม่เลย	<1ครั้งต่อสัปดาห์	1-2ครั้งต่อสัปดาห์	> 3 ครั้งต่อสัปดาห์
5.1 นอนไม่หลับหลังจากเข้านอนไป แล้วนานกว่า 30 นาที				
5.2 ตื่นกลางดึกหรือตื่นช้ากว่าปกติ				
5.3 ตื่นเข้าห้องน้ำ				
5.4 หายใจขัด				
5.5 ไอ				
5.6 รู้สึกหนาวเกินไป				
5.7 รู้สึกร้อนเกินไป				
5.8 ฟันร้าว				
5.9 เจ็บหรือปวดตามตัว				
5.10 สาเหตุอื่น โปรดระบุ				
6. ท่านใช้ยานอนหลับ (จะโดยแพทย์สั่งหรือซื้อ เอง)เพื่อช่วยในการนอนหลับบ่อยครั้งเพียงใด				
	ไม่เป็น ปัญหา	เป็นปัญหา บ้างเล็กน้อย	เป็นปัญหา พอสมควร	เป็นปัญหา มาก
7. ท่านรู้สึกง่วงนอนหรือผลหลับขณะทำ กิจกรรมประจำวันเช่น กินอาหาร ทำงานบ้าน บ่อยเพียงใด				
	ดีมาก	ดี	ไม่ค่อยดี	ไม่ดีเลย
8. การทำงานให้เสร็จลุล่วงไปด้วยดีหรือไม่อย่างไร				
9. ในระยะ 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านคิดว่า คุณภาพ การนอนโดยรวมของท่านเป็นอย่างไร				

ที่มา: Methipisit et al (2016), Sitasuwan et al (2014)



ภาคผนวก ท

แบบสอบถามวัดอารมณ์ บรูเนล ฉบับภาษาไทย



(Thai-Brunel Mood Scale; Thai-BRUMS)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

**แบบสอบถามวัดอารมณ์ บรูเนล ฉบับภาษาไทย Thai-Brunel Mood Scale
(Thai-BRUMS)**

ข้างล่างนี้คือ คำต่างๆที่ได้รวบรวมไว้ในการอธิบายความรู้สึก ขอความกรุณาอ่านแต่ละคำให้รอบคอบ จากนั้นให้ทำเครื่องหมาย ในช่องสี่เหลี่ยมที่อธิบายได้ดีที่สุดถึง ความรู้สึกที่เป็นจริงของท่านว่าเป็นอย่างไรในขณะนี้ ให้ตอบทุกคำถามด้วยความรอบคอบ

	หัวข้อ	ไม่มีเลย	นิดหน่อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1	หวาดกลัว					
2	มีชีวิตชีวา					
3	สับสน					
4	ถอดใจ					
5	กดดัน					
6	เศร้าหมอง ท้อแท้					
7	รำคาญ					
8	หมดแรง					
9	ยุ่งเหยิง					
10	เฉื่อยชา					
11	ชมชื่นใจ					
12	ทุกข์ใจ					
13	ฉุนเฉียว					
14	เป็นกังวล					
15	กระตือรือร้น					
16	เศร้าหมอง					
17	เหลวไหล					
18	ประหม่า					
19	โกรธ					
20	กระฉับกระเฉง					
21	เหนื่อยล้า					
22	อารมณ์เสีย					
23	ตื่นตัว					
24	หวั่นไหว					

ที่มา: Ramyarangsi et al (2018)



ภาคผนวก ๓

แบบสอบถาม ประเมินภาระงาน National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index (NASA-TLX) และระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue scale)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

No. _____

Phase (hr:min)

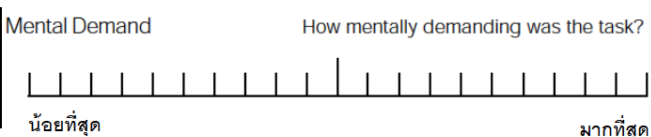
- Baseline at _____
- Cognitive fatigue at _____
- Post Cognitive function at _____
- Recovery 1 – 4 minutes at _____
- Recovery 1 – 8 minutes at _____

NASA Task Load Index

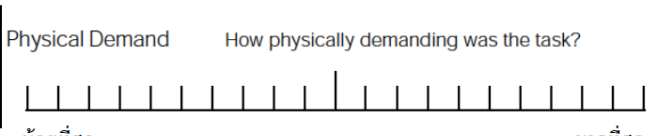
Hart and Staveland's NASA Task Load Index (TLX) method assesses work load on five 7-point scales. Increments of high, medium and low estimates for each point result in 21 gradations on the scales.

Name	Task	Date

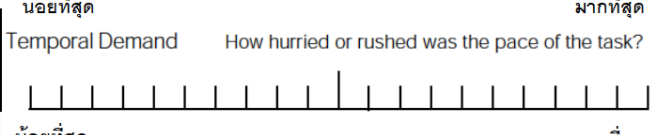
1. ความต้องการด้านจิตใจ
งานที่ทำจำเป็นต้องใช้ความคิดตลอดจนการรับรู้ในระดับใด (เช่น การตรึงตรอง การตัดสินใจ การคำนวณ การจำ การเฝ้ามอง การค้นหา ฯลฯ)



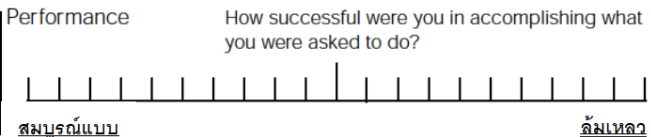
2. ความต้องการด้านร่างกาย
งานที่ทำอยู่ต้องใช้แรงกายในระดับใด เป็นงานที่ทำได้ง่าย ๆ หรือ ยุ่งยาก ทำอย่างเชื่องช้าหรือรวดเร็ว ทำอย่างผ่อนคลายหรือใช้แรงงาน ฝืนร่างกายมาก



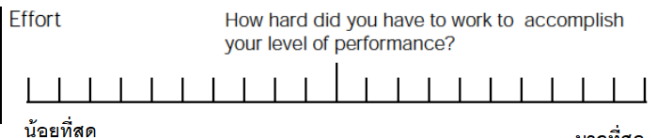
3. ความต้องการด้านเวลา
งานที่ทำอยู่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา อาศัยอัตราเร่งในการทำงาน ข้อจำกัดของเวลาสร้างความกดดันในระดับใด งานที่ทำนั้น ทำซ้ำๆ หรือเป็นงานที่กระชั้น เร่งรีบและล้นลาน ทำอย่างผ่อนคลายหรือใช้แรงงานมาก ฝืนร่างกายมาก



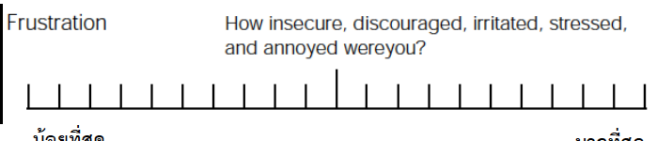
4. ด้านผลสำเร็จของงาน
ท่านคิดว่าท่านประสบความสำเร็จ บรรลุเป้าหมายในการทำงานที่ท่านตั้งไว้ในระดับใด ท่านพึงพอใจผลสัมฤทธิ์ของระดับการปฏิบัติงานแค่ไหน



5. ด้านความพยายาม
งานที่ท่านหนักหนายิ่งใด ต้องทำงานหนักทุ่มเท (แรงกายแรงใจ) เพียงใดกว่าจะปฏิบัติงานได้สัมฤทธิ์ผลในระดับที่เป็นอยู่



6. ความคับข้องใจ
ขณะที่ทำงาน รู้สึกไม่มั่นคง ท้อแท้ หงุดหงิด เครียด และรำคาญใจในระดับใด หรืออีกด้านหนึ่ง ท่านรู้สึกมั่นคง ชอบใจ พึงพอใจ ผ่อนคลาย และ ภาคภูมิใจในระดับใด



ที่มา: พัลพงษ์ สุวรรณวาทีน. (2559) และ O’Keeffe et al, 2020



แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ

โครงการวิจัยเรื่อง

ผลของโปรแกรมการฝึกกายแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสมรรถนะ
การบินในศิษย์การบิน

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

ผู้บันทึก.....

วันที่ทำการทดสอบ

Day1.....

Day2.....

1. การทดสอบสรีรวิทยาทั่วไปและสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ

ตัวแปรทดสอบ	วันเวลาที่ทดสอบ	
	Pre-test (...../...../.....)	Post-test (...../...../.....)
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก; bpm		
ความดันโลหิตขณะพัก; mmHg.		
น้ำหนัก/ส่วนสูง; Kg./cm.		
ดัชนีมวลกาย; Kg./cm.		
BIA: - % fat - % lean mass - Metabolic rate - ข้อสังเกต		

Sit and reach; cm.	1	2	1	2
Back Scratch Test; cm				
- แขนขวาอยู่บน	1	2	1	2
- แขนซ้ายอยู่บน	1	2	1	2
Back range of motion test; degree			1	2
- Standing T12-L1 / S2	1	2	1	2
- Flexion T12-L1 / S2	1	2	1	2
- Extension T12-L1	1	2	1	2
- Standing T9-T12	1	2	1	2
LT flex / Rt flex	1	2	1	2
Pulmonary function test				
- Forced vital capacity (FVC)				
- FEV ₁				
- FEV ₁ /FVC				

การทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ

Items	Pre		Post	
	1st	2nd	1st	2nd
Back strength (kg)				
Leg strength (Kg)				
Hand grip (kg)				
Endurance – Push-up (time/min)				
Endurance – Sit-up (Time/min)				

2. การทดสอบสมรรถภาพทางระบบหัวใจและระบบหายใจ

(Cardiorespiratory fitness test: Bruce protocol)

Pre-Test Post-Test

Predicted HRmax [Tanaka's 208 $-(0.7 \times \text{age})$]= _____ bpm

ตัวแปรทดสอบ	Results
HRmax	
VO2max	

**หยุดการทดสอบเมื่อผู้รับการทดสอบการหยุดการทดสอบเมื่อ ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติต่อไปไม่ไหวจากการบอกด้วยท่าทาง ระดับค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซช่วงหายใจ (Respiratory exchange ration; RER) มากกว่า 1.10 และให้บันทึกเวลาที่ทำได้ของการทดสอบใน step สุดท้าย

3. ข้อมูลประเมิน Resistance training combined with Blood flow restriction

- Arterial occlusion pressure

Total Arterial occlusion pressure Rt side; mmHg	Upper	Lower
20% AOP		

ข้อสังเกต.....

- 1RM

Back Squat	Bench press	Dead lift	Calf raise	B-Over Row
Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

2

Pre-Test Post-Test

แบบบันทึก Cerebral oxygenation

No. _____

ตัวแปร ทดสอบ	Baseline	PPVT 1	Vsearch 1	Rotation 1	Timewall 1	N-back 1	Stroop 1	Mat 1	Mat 2	Mat 3	PPVT 2	Vsearch 2	Rotation 2	Timewall 2	N-back 2	Stroop 2	Post Cog 2	Recovery
Time (hr : min)								+5	+10	+15								
Left																		
Right																		



2

โยนน้ำหนักกรรเชียง

รหัสผู้ชราชมวิจัย

การฝึก BFR / Core bod

AOP แขน = _____ mmHg 1RM Back Squat Bench press Dead lift Calf raise B-Over Row
 AOP ขา = _____ mmHg Kg = _____ = _____ = _____ = _____ = _____ = _____

ครั้งที่	วันที่	BFR						Core body		Overtrain	Notes
		Back Squat	Bench press	Dead lift	Calf raise	B-Over Row	Level	Position			
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg			VAS/fatigue	VAS/fatigue	VAS/fatigue
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

2

ใบบันทึกการฝึก

รหัสประจำตัววิจัย _____

การฝึก BFR / Core bod

AOP แขน = _____ mmHg 2nd 1RM Back Squat Bench press Dead lift Calf raise B-Over Row
AOP ขา = _____ mmHg Kg = _____ = _____ = _____ = _____ = _____ = _____


ครั้งที่ ครั้งที่	วันที่	BFR								Core body		Overtrain	Notes
		Back Squat	Bench press	Dead lift	Calf raise	B-Over Row	Level	Position	evaluation				
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg				VAS/fatigue	VAS/fatigue	VAS/fatigue	
		VAS/fatigue	VAS/fatigue	VAS/fatigue	VAS/fatigue	VAS/fatigue							
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

ภาคผนวก ป
เอกสารเอกสารขอความอนุเคราะห์ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยและการได้รับอนุญาตเพื่อเข้า
ทำงานวิจัยในศิษย์การบินกองทัพอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารขอความอนุเคราะห์ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยและการได้รับอนุญาตเพื่อเข้า
ทำงานวิจัยในศิษย์การบินกองทัพอากาศ

ที่ อว ๖๔.๒๔/๐๐๙๐



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ กทม. ๑๐๓๓๐

๘ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ความร่วมมือในการศึกษางานวิจัย
เรียน ผู้บัญชาการกองทัพอากาศ


สิ่งที่ส่งมาด้วย โครงร่างวิทยานิพนธ์

ด้วย นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร สีลาเทพินทร์ นิสิตระดับปริญญาตรีบัณฑิต แผนกวิชาตรีวิทยาการออกกำลังกาย หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ซึ่งทำวิทยานิพนธ์เรื่อง ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสมรรถนะการบินในศิษย์การบิน (EFFECTS OF MULTIMODAL EXERCISE PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE AND FLIGHT PERFORMANCE IN STUDENT PILOTS) ภายใต้การดูแลของ ศาสตราจารย์ ดร.ตรุณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก พลอากาศตรี นายแพทย์วรงค์ ลาภานันต์ และ ศาสตราจารย์ ดร.อิโรพุมิ ทานากะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม วิทยานิพนธ์นี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งเน้นการเพิ่มสมรรถภาพทางกายและการสร้างประโยชน์ต่อศิษย์การบิน โรงเรียนการบินกำแพงแสน ซึ่งเป็นที่ผลิตนักบินของกองทัพอากาศก่อนที่จะก้าวไปสู่ นักบินขับไล่/โจมตีสมรรถนะสูงในอนาคต

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี การนี้ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์หน่วยงานของท่านให้ความร่วมมือในการศึกษางานวิจัย โดยขอความกรุณาเอื้อประโยชน์ในการรวบรวมข้อมูล การเข้าเก็บข้อมูลและดำเนินการวิจัย รวมถึงการนำข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้สำหรับงานวิจัยวิทยานิพนธ์และการตีพิมพ์เผยแพร่ลงวารสารวิชาการ ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะเป็นผู้ประสานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้


ขอแสดงความนับถือ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)
คนบตี

จ.ร.กรณีน ดาแปงทงจ๋อ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
หน่วยจัดการศึกษา กลุ่มภารกิจวิชาการ
โทร ๐ ๒๒๑๘ ๑๐๔๗, ๐๙ ๘๘๕๒ ๙๕๑๔
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ Keeranan.P@chula.ac.th
ติดต่อผู้วิจัย ๐๘ ๑๙๐๒ ๘๓๗๔
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ lee.gennifer@gmail.com

พส.ช. 
คท.ทอ.
๑๐ ก.พ.๒๕๖๕

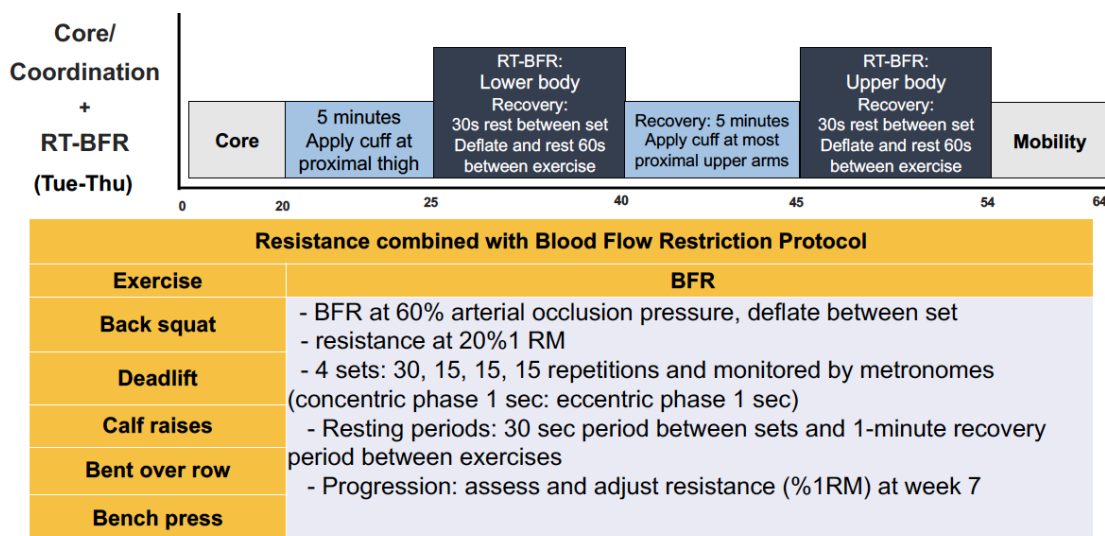


ภาคผนวก ผ

การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with Blood flow resistance training, RT-BFR) และการประเมินการประเมินน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, %1RM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with Blood flow resistance training, RT-BFR)



การฝึก RT-BFR เป็นการฝึกแบบมีแรงต้านที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, %1RM) ในกล้ามเนื้อขาขณะที่ทำการจำกัดการไหลเวียนโลหิต โดยการใช้สายรัด ขนาด 6.5 เซนติเมตร สำหรับข้อมือและ 10 เซนติเมตรสำหรับข้อมือส่วนล่าง (Sports Rehab Tourniquet, Australia)

1. ทำการวัดความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล (Arterial occlusion pressure; %AOP) ในวันเข้ารับการทดสอบก่อนการฝึก โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้ฝึกทดสอบ ทำการวัดความดันการปิดกั้นหลอดเลือดแดงอย่างสมบูรณ์ในขณะที่พักของหลอดเลือดแดงบริเวณแขนและบริเวณขา และคำนวณระดับความดันที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล
2. ทำการทดสอบ 1RM และคำนวณระดับความหนักที่ร้อยละ 20 ของ 1RM
3. ในครั้งแรกของการฝึกจะทำการแนะนำท่าฝึกเพื่อให้สามารถทำได้ถูกต้อง
4. การฝึกหลังจากทำการอบอุ่นร่างกายจากการฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว นำสายรัดขนาด 10 เซนติเมตรรัดบริเวณต้นขาทั้งสองข้าง และสายรัดขนาด 6.5 เซนติเมตรรัดบริเวณต้นแขนทั้งสองข้าง ตั้งระดับความดันที่ร้อยละ 60 ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล (Arterial occlusion pressure; %AOP) จะเริ่มออกกำลังกายจากท่า Back squat, Bench

press, Deadlift, Bent over row และ Calf raises ที่ระดับความหนักที่ร้อยละ 20 ของ 1RM จังหวะ 1:1 วินาที พัก 30 วินาทีระหว่างชุด พัก 60 วินาทีระหว่างท่า โดยจะทำการปล่อยลมความดันออกจากสายรัดในระหว่างการเปลี่ยนท่า แต่ละท่าทำ 4 ชุด โดยให้ทำจำนวนครั้งตามลำดับดังนี้ 30 - 15 - 15 - 15 เมื่อทำครบในส่วนขาให้เปลี่ยนไปฝึกที่แขนสลับกัน

6. สอบถามอัตราการรับรู้ความเหนื่อย (RPE) และระดับความเจ็บปวดในแต่ละท่าของการฝึก
7. ทำการผ่อนคลายร่างกายและการยืดกล้ามเนื้อ
8. ปรับเพิ่มความก้าวหน้าในสัปดาห์ที่ 7 ปรับระดับความหนักจากที่ร้อยละ 20 ของ 1RM เป็นร้อยละ 30 ของ 1RM

9. ก่อนการฝึกทุกครั้งจะมีการสอบถามอาการเพื่อเฝ้าระวังการ Overtrain ดังตาราง

Table 2 Summary of symptoms of OTS

Parasympathetic alterations (more common in aerobic sports)	Sympathetic alterations (more common in anaerobic sports)	Other
Fatigue	Insomnia	Anorexia
Depression	Irritability	Weight loss
Bradycardia	Agitation	Lack of mental concentration
Loss of motivation	Tachycardia	Heavy, sore, stiff muscles
	Hypertension	Anxiety
	Restlessness	Awakening unrefreshed

Notes: Reproduced with permission from Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health*. 2012;4(2):128-138.¹⁶

Abbreviation: OTS, overtraining syndrome.

SIGNS AND SYMPTOMS

More than 125 signs and symptoms have been identified in published literature, making a definitive diagnosis challenging. The most common symptoms include:

- Persistent heavy, stiff, and sore muscles
- Persistent fatigue, washed-out feeling
- Decreased performance and ability to maintain the training regimen
- Increased susceptibility to infections, colds, headaches
- Nagging and somewhat chronic injuries
- Sleep disturbances
- Decreased mental concentration and restlessness
- Increased irritability
- Depression
- Tachycardia and, in some cases, bradycardia
- Loss of appetite and weight loss
- Bowel movement changes
- Absence of menstruation



สายรัด ขนาด 6.5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตรสำหรับร่างกายส่วนล่างพร้อมอุปกรณ์ (Sports Rehab Tourniquet, Australia)

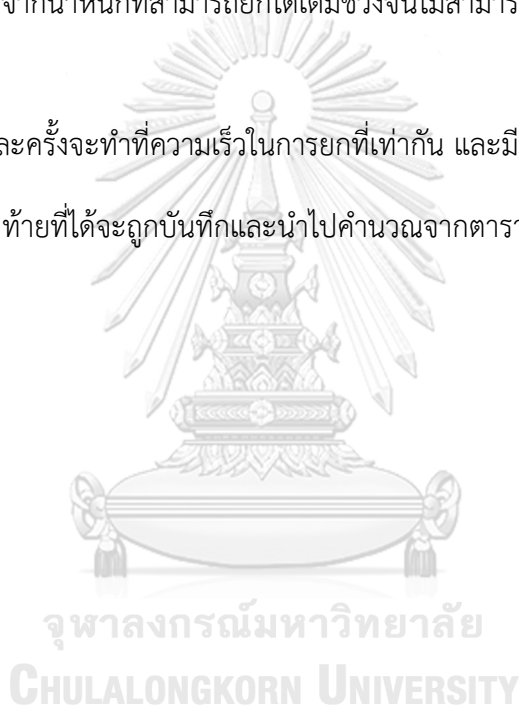
การทดสอบ 1RM (ACSM, 2018) ก่อนการซ้อมการฝึกแบบมีแรงต้านด้วยวิธีการดังนี้

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเรียนรู้ วิธีการยกน้ำหนักและท่าที่ถูกต้อง
2. เข้ารับการทดสอบทำการอบอุ่นร่างกายในน้ำหนักเบา ที่ 5-10 ครั้ง จำนวน 5 ชุด
3. การประมาณค่าที่คาดว่าจะทำได้ที่ 5-RM คาดคะเนน้ำหนักที่จะทำได้ไม่เกิน 5 ครั้ง
4. พัก 2 นาที โดยจะทำการทดสอบไม่เกิน 5 ครั้ง โดยให้มีระยะพัก 3-5 นาทีระหว่างครั้งที่

ทำการทดสอบ

5. เพิ่มความหนักร้อยละ 5-10 (4-9 กก) สำหรับร้อยละส่วนบน 10-20% (14-18 กก) สำหรับร้อยละส่วนล่างจากน้ำหนักที่สามารถยกได้เต็มช่วงจนไม่สามารถยกได้ครบ 5 ครั้งได้อย่างสมบูรณ์

6. การยกแต่ละครั้งจะทำให้ความเร็วในการยกที่เท่ากัน และมีช่วงการเคลื่อนไหวที่คงที่
7. น้ำหนักสุดท้ายที่ได้จะถูกบันทึกและนำไปคำนวณจากตารางหา 1 RM



Percent of the 1RM and Repetitions Allowed (%1RM-Repetition Relationship)

%1RM	Number of repetitions allowed
100	1
95	2
93	3
90	4
87	5
85	6
83	7
80	8
77	9
75	10
70	11
67	12
65	15

Data from references 5, 15, 16, 25, 62, 68, 73, and 110.

Estimating 1RM and Training Loads

Max reps (RM)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
%1RM	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
Load (pounds or kg)	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7
	20	19	19	18	17	17	17	16	15	15	13	13
	30	29	28	27	26	26	25	24	23	23	20	20
	40	38	37	36	35	34	33	32	31	30	27	26
	50	48	47	45	44	43	42	40	39	38	34	33
	60	57	56	54	52	51	50	48	46	45	40	39
	70	67	65	63	61	60	58	56	54	53	47	46
	80	76	74	72	70	68	66	64	62	60	54	52
	90	86	84	81	78	77	75	72	69	68	60	59
	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
	110	105	102	99	96	94	91	88	85	83	74	72
	120	114	112	108	104	102	100	96	92	90	80	78
	130	124	121	117	113	111	108	104	100	98	87	85
	140	133	130	126	122	119	116	112	108	105	94	91
	150	143	140	135	131	128	125	120	116	113	101	98
	160	152	149	144	139	136	133	128	123	120	107	104
	170	162	158	153	148	145	141	136	131	128	114	111
	180	171	167	162	157	153	149	144	139	135	121	117
	190	181	177	171	165	162	158	152	146	143	127	124
	200	190	186	180	174	170	166	160	154	150	134	130
	210	200	195	189	183	179	174	168	162	158	141	137
	220	209	205	198	191	187	183	176	169	165	147	143
	230	219	214	207	200	196	191	184	177	173	154	150
	240	228	223	216	209	204	199	192	185	180	161	156
	250	238	233	225	218	213	208	200	193	188	168	163

(continued)


Max reps (RM)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
%1RM	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	67	65
Load (pounds or kg)	260	247	242	234	226	221	206	208	200	195	174	169
	270	257	251	243	235	230	224	216	208	203	181	176
	280	266	260	252	244	238	232	224	216	210	188	182
	290	276	270	261	252	247	241	232	223	218	194	189
	300	285	279	270	261	255	249	240	231	225	201	195
	310	295	288	279	270	264	257	248	239	233	208	202
	320	304	298	288	278	272	266	256	246	240	214	208
	330	314	307	297	287	281	274	264	254	248	221	215
	340	323	316	306	296	289	282	272	262	255	228	221
	350	333	326	315	305	298	291	280	270	263	235	228
	360	342	335	324	313	306	299	288	277	270	241	234
	370	352	344	333	322	315	307	296	285	278	248	241
	380	361	353	342	331	323	315	304	293	285	255	247
	390	371	363	351	339	332	324	312	300	293	261	254
	400	380	372	360	348	340	332	320	308	300	268	260
	410	390	381	369	357	349	340	328	316	308	274	267
	420	399	391	378	365	357	349	336	323	315	281	273
	430	409	400	387	374	366	357	344	331	323	288	280
	440	418	409	396	383	374	365	352	339	330	295	286
	450	428	419	405	392	383	374	360	347	338	302	293
	460	437	428	414	400	391	382	368	354	345	308	299
	470	447	437	423	409	400	390	376	362	353	315	306
	480	456	446	432	418	408	398	384	370	360	322	312
	490	466	456	441	426	417	407	392	377	368	328	319
	500	475	465	450	435	425	415	400	385	375	335	325
	510	485	474	459	444	434	423	408	393	383	342	332
	520	494	484	468	452	442	432	416	400	390	348	338
	530	504	493	477	461	451	440	424	408	398	355	345
	540	513	502	486	470	459	448	432	416	405	362	351
	550	523	512	495	479	468	457	440	424	413	369	358
	560	532	521	504	487	476	465	448	431	420	375	364
	570	542	530	513	496	485	473	456	439	428	382	371
	580	551	539	522	505	493	481	464	447	435	389	377
	590	561	549	531	513	502	490	472	454	443	395	384
	600	570	558	540	522	510	498	480	462	450	402	390

ที่มา: Baechle & Earle (2008)

การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึก RT-BFR จะให้ทำท่าละ 30 วินาที จนครบ 10 นาที

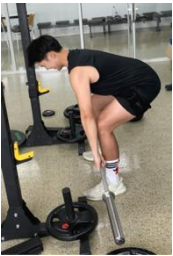
Warmup (20 seconds/movement)			
Exercise	1	2	3
Active 1	Windmill	Squat and Side lunges	Shoulder roll
Active stretching	Standing knee to chest	Inchworm dynamic stretching	Leg swing
Active 2	Butt kicks	Ghost jump rope	

BACK SQUAT


Start Position	<ul style="list-style-type: none"> - Place the bar in a balanced position in the high bar position - Hold the chest up and out - Tilt the head slightly up - Position feet shoulder-width apart, even with each other, with the toes turned slightly outward 
Downward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Elbows high - Chest up and out - Allow the hips and knees to slowly flex while keeping the torso to floor angle relatively constant - Keep the heels on the floor and the knees aligned over the feet - Continue flexing the hips and knees until the thighs are parallel with the floor, the trunk begins to round or flex or the heels raise off the floor
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Extend the hips and knees, keeping the torso to floor angle constant - Keep the heels on the floor and the knees aligned over the feet

ที่มา: Baechle & Earle (2008), Slungaard et al. (2019)


Deadlift

Start Position	<ul style="list-style-type: none"> - Stand with the feet flat, shoulder width apart and the toes pointed slightly out - Squat down with the hips lower than the shoulders - Place hands on the bar slightly wider than shoulder width, outside the knees with the elbows fully extended - Grasp the bar with an alternated grip - Place the feet flat on the floor with the bar approximately 1 inch in front of the shin over the balls of the feet - Position the head and spine in a neutral alignment - Chest up and out - Shoulders over or slightly in front of the bar - Eyes focused slightly ahead but not upward 
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Lift the bar by extending the hips and knees - Keep the torso-to-floor angle constant - Do not let the hips raise before the shoulders - Maintain a neutral spine - Keep the elbows fully extended and the shoulders over the bar - As the bar is raised, keep it as close to the shins as possible - As the bar rises just above the knees, move the hips forward to move the thighs and knees under the bar - Continue to extend the hips and knees until the body reaches a fully erect position
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Lift the bar by extending the hips and knees - Keep the torso-to-floor angle constant - Do not let the hips raise before the shoulders - Maintain a neutral spine - Keep the elbows fully extended and the shoulders over the bar - As the bar is raised, keep it as close to the shins as possible - As the bar rises just above the knees, move the hips forward to move the thighs and knees under the bar - Continue to extend the hips and knees until the body reaches a fully erect position


BENCH PRESS

Start Position	<ul style="list-style-type: none"> - Lie on the bench with feet on the floor, and your eyes below the racked bar - Grasp the bar, slightly wider than shoulder-width apart - Un-rack the bar with the help of a spotter - Position the bar over the chest with the elbows fully extended 
Downward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Lower the bar to touch the chest at approximately the nipple level - Keep the wrists stiff and the forearms perpendicular to the floor and parallel to each other - Maintain five-point body contact
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Push the bar upward until the elbows are fully extended - Keep the wrists stiff and the forearms perpendicular to the floor and parallel to each other - Maintain five-point body contact position - Do not arch the back or raise the chest to the bar - Ask a spotter for assistance in racking the bar at the end of the set or if you are in difficulty - Keep a grip on the bar until it is racked

BENT OVER ROW

Start Position	<ul style="list-style-type: none"> - Stand with the feet flat, shoulder width apart and the toes pointed slightly out - Squat down to grip the bar, wider than shoulder width - Create a neutral spine position, keep the torso-to-floor angle constant - Lift the bar/dumbbell by extending the hips and knees, maintaining straight elbows - Stop just before the knees are fully extended - Focus the eyes a short distance ahead of the feet - Allow the bar to hang with the elbows fully extended 	
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Pull the bar towards the torso - Keep the torso rigid, neutral spine and knees slightly flexed - Do not jerk the torso upward - Touch the bar to the lower chest or upper abdomen 	
Downward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Lower the bar to the starting position - Maintain the neutral spine and knee position - At the end of the set flex the hips and knees to place the bar on the floor 	

Calf raises

Starting Position	<ul style="list-style-type: none"> Place the bar in a balanced position in the high bar position - Hold the chest up and out - Tilt the head slightly up - Position feet shoulder-width apart, even with each other, with the toes turned slightly outward - Stand erect with the knees fully extended but not forcefully locked out. - Allow the heels to lower to a comfortable, stretched position. - All repetitions begin from this position 	
Upward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Keeping the torso erect and the legs and feet parallel, push up as high as possible on the toes. - Push up off the step; do not invert or evert the ankles. - Keep the knees extended but not locked out. 	
Downward Movement	<ul style="list-style-type: none"> - Allow the heels to lower slowly back to the starting position. - Maintain the same body position 	



การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง

1. ทำการฝึกหลังจากการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว
2. กำหนดความหนักของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงอยู่ที่ร้อยละ 90-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; %HR_{max}) เป็นระยะเวลา 60 วินาที และพักย่ำเท้าเป็นระยะเวลา 60 วินาที จำนวน 10 ชุด
 3. รูปแบบการฝึกมี 3 รูปแบบที่จะมีการสลับการฝึกในแต่ละวัน
 - แบบที่ 1 วันจันทร์: Jumping jacks, Mountain climbers
 - แบบที่ 2 วันพุธ: Burpee, Speed skater jumps
 - แบบที่ 3 วันศุกร์: High knee, Squat jumps
4. ให้จำนวน 10 ชุด ทำเรียงท่าที่ 1 และท่าที่ 2 สลับกันตามลำดับ
5. ทำออกกำลังและการจับเวลาแบบสลับช่วง จะมีการแสดงตัวอย่างบนหน้าจอ
6. ระหว่างการฝึก HIIT ผู้เข้ารับการฝึกจะมีการประเมินความหนักของการออกกำลังกายตลอดการฝึกด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ ผู้เข้ารับการฝึกจะบันทึกอัตราการหัวใจเต้นตลอดการฝึกด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นหัวใจยี่ห้อโพล่าเอช 10 (Polar H 10) โดยจะมีการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายในแอปพริเคชันโพล่าทีม (Polar beat team) ที่มีการแสดงให้เห็นบนหน้าจอโทรทัศน์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกสามารถสังเกตอัตราการเต้นของหัวใจของตนเองและสามารถเพิ่มหรือลดความเร็วของการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับอัตราการเต้นของหัวใจตามความหนักที่กำหนดได้
7. ทำการปรับเพิ่มความก้าวหน้าในสัปดาห์ที่ 7 จากการเพิ่มความยากของท่าฝึก และสามารถเพิ่มน้ำหนัก น้ำหนัก เพื่อเพิ่มความหนักในกรณีที่ผู้เข้ารับการฝึกไม่สามารถกระตุ้นให้อัตราการเต้นของหัวใจให้ถึงที่กำหนดจากความหนักที่น้อยกว่าความสามารถของผู้ฝึก และสามารถปรับทำให้ลดความหนักในกรณีที่น้ำหนักจากร่างกาย ของแต่ละท่ามีแรงต้านมากจนเกิดความล้าจนไม่สามารถกระตุ้นอัตราหัวใจเต้นให้ถึงที่กำหนดได้ ตลอดระยะเวลาช่วงการฝึก
8. ผู้วิจัยจะกระตุ้นเพื่อให้ผู้เข้าฝึกปรับความหนัก ความเร็วของการเคลื่อนไหวเพื่อทำความหนักที่กำหนดได้
9. สามารถทำพร้อมกันเป็นกลุ่มครั้งละไม่เกิน 5 คน

10. ก่อนการฝึกทุกครั้งจะมีการสอบถามอาการเพื่อเฝ้าระวังการ Overtrain ดังตาราง

Table 2 Summary of symptoms of OTS

Parasympathetic alterations (more common in aerobic sports)	Sympathetic alterations (more common in anaerobic sports)	Other
Fatigue	Insomnia	Anorexia
Depression	Irritability	Weight loss
Bradycardia	Agitation	Lack of mental concentration
Loss of motivation	Tachycardia	Heavy, sore, stiff muscles
	Hypertension	Anxiety
	Restlessness	Awakening unrefreshed

Notes: Reproduced with permission from Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health*. 2012;4(2):128-138.¹⁶
Abbreviation: OTS, overtraining syndrome.

SIGNS AND SYMPTOMS

More than 125 signs and symptoms have been identified in published literature, making a definitive diagnosis challenging. The most common symptoms include:

- Persistent heavy, stiff, and sore muscles
- Persistent fatigue, washed-out feeling
- Decreased performance and ability to maintain the training regimen
- Increased susceptibility to infections, colds, headaches
- Nagging and somewhat chronic injuries
- Sleep disturbances
- Decreased mental concentration and restlessness
- Increased irritability
- Depression
- Tachycardia and, in some cases, bradycardia
- Loss of appetite and weight loss
- Bowel movement changes
- Absence of menstruation

ตารางรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง

HIIT Protocol 10 sets (60 seconds : 60 seconds interval)		
Exercise/ circuit	Movement 1	Movement 2
1	Jumping jacks	Mountain climbers
2	Burpee	Speed skater jumps
3	High knee	Squat jumps

ตารางรูปแบบความก้าวหน้าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงในสัปดาห์ที่ 7

HIIT protocols levels and training circuits			
Circuit	Level	Movement 1	Movement 2
1	1	Jumping jacks	Mountain climbers
	2	Squat jacks	Wide mountain climbers
2	1	Burpee	Speed skater jumps
	2	Push-up Burpee	Speed skater jump and touch
3	1	High knee	Squat jumps
	2	High knee skip	Squat jumps floor taps



ภาคผนวก พ

การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

(Cognitive and Coordination training)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

(Cognitive and Coordination training)

การฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Cognitive and Coordination training) เป็นการฝึกหลังจากการฝึกแบบ HIIT การฝึกการรู้คิดจะใช้การฝึกด้วย Color Stroop ด้วยโปรแกรม Encephalapp และการใช้การ์ดสลับกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod ทำจะเริ่มจากท่าที่มีการเคลื่อนไหวน้อยไปมาก

1. การฝึกการรู้คิดแบบใช้การ์ด

- ฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod เช่น การชวยเท้าและไปแตะที่ Blazepod ตามสีที่กำหนด เมื่อครบให้ไปที่การ์ดที่วางไว้

- ทำท่า Squat หยิบการ์ด 2 ใบ จาก 12 ใบที่วางคว่ำไว้และวางแนว 4x3 เพื่อดูและทำการจำ เป็นระยะเวลา 20 วินาที และสลับมาเพื่อฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod เป็นระยะเวลา 20 วินาที ทำสลับกับเป็นจำนวน 12 ชุด จะใช้เวลา รวม 4 นาที จากนั้นกลุ่มที่ฝึกการ์ดจะสลับไปฝึกกับโปรแกรม Encephalapp ต่อ

- ถ้าผู้ถูกทดสอบคิดว่าจำตำแหน่งการ์ดได้หมดให้ผู้ถูกทดสอบทำการเปิดการ์ดเพื่อเฉลยทันที

- ผู้วิจัยจดจำนวนการ์ดที่เปิดผิด ค่าประสิทธิภาพคือจำนวนผิดพลาดที่น้อย เมื่อมีการพลิกการ์ดที่ผิดน้อยกว่า 3 ใบ การฝึกรอบถัดไปให้เพิ่มจำนวนการ์ดอีก 2 ใบเพื่อเป็นการเพิ่มระดับความยากไปเรื่อยๆจนครบ 44 ใบ

2. การฝึกการรู้คิดแบบใช้โปรแกรม Encephalapp

- ฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod เช่น การใช้เท้า มือสัมผัส Blazepod ตามสีที่กำหนด เมื่อครบให้ไปที่อุปกรณ์ที่วางไว้จากนั้นก็ให้ผู้เข้าฝึกทำการเล่นเกมส์จากโปรแกรม Encephalapp ทำการเล่นเกมส์ Stroop (การรู้คิดเชิงบริหาร) ระยะเวลาแต่ละเกมส์ จะใช้เวลา 20 วินาที โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะยืนห่างจาก iPad ระยะ 1 เมตร โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยก้าวเข้ามากดที่คำตอบและก้าวกลับไปจุดเดิม เมื่อครบ 20 วินาที ให้สลับไปฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ Blazepod เป็นเวลา 20 วินาที ทำสลับกับเป็นจำนวน 12 ชุด จะใช้เวลา รวม

4 นาที จากนั้นกลุ่มที่ฝึกโปรแกรม Encephalapp จะสลับไปฝึกกับการ์ดต่อ จะประเมินจากจำนวนครั้งที่ผิด โดยผู้วิจัยจะแจ้งผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อให้คำแนะนำเพื่อเพิ่มทำความเข้าใจ

3. รูปแบบการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวที่ใช้ร่วมกับ BlazePod ในการฝึกแต่ละครั้งจะให้ทำการเคลื่อนไหวจากน้อยไปมาก โดยเรียงลำดับการฝึกดังนี้ เท้า // มือ // เท้าสลับมือ // เท้าและมือเลี้ยงบอล 1 ข้าง // เท้าและมือเลี้ยงบอล 2 ข้าง สลับกับการฝึกการรู้คิดตามลำดับ

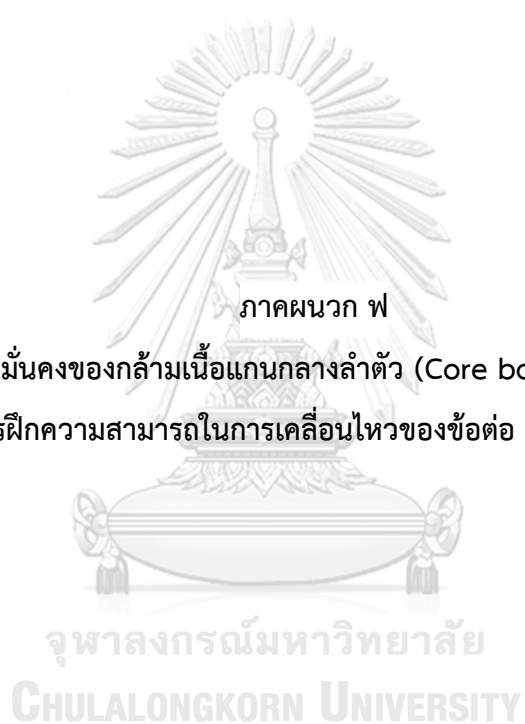
- การฝึกการเคลื่อนไหวพร้อมกับการสังเกต BlazePod เมื่อแสดงสีที่กำหนด ให้ผู้ฝึกแตะที่ BlazePod ที่วางอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ซึ่งผู้ฝึกจะทำการเคลื่อนไหวจากจุดที่กำหนดวิ่งไปที่ BlazePod วางอยู่

- การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวของมือ เมื่อแสดงสีที่กำหนดให้ผู้ฝึกใช้มือแตะที่ BlazePod ที่วางอยู่ในตำแหน่งต่างๆ เมื่อผู้ฝึกทำการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวในท่า 3 point plank ได้ จะเริ่มทำท่า plank มาใช้ในการฝึกการเคลื่อนไหวร่วมกับการเคลื่อนไหวของมือ

3) การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวของตาและมือ (hand-eye coordination) ผู้เข้าฝึกใช้ 2 มือทำกิจกรรมในขณะที่สังเกต BlazePod เมื่อแสดงสีที่กำหนดให้ผู้ฝึกขยับเข้าไปใช้เท้าแตะที่ BlazePod ที่แสดงสีนั้น กิจกรรมของมือ ได้แก่

- การเลี้ยงบอลบนพื้นมือเดียว
- การเลี้ยงบอลสลับมือ 2 ข้าง
- การโยนลูกบอลสลับมือ 2 ข้าง

ผู้เข้าฝึกจะสลับการฝึกการรู้คิดแบบใช้การ์ดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวและการฝึกการรู้คิดแบบใช้โปรแกรม Encephalapp ร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวจำนวน เป็น จำนวน 4 รอบ โดยจะใช้ระยะเวลาฝึกประมาณ 20 นาที



ภาคผนวก ฟ

รูปแบบการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และ
การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)








รูปแบบการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core body stability training) และการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Mobility training)

1. การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว จะทำหลังการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 15 นาที
2. การฝึกแต่ละครั้งจะประกอบด้วยท่าเริ่มต้น 2-3 แบบ ให้ทำตามระดับความยาก 1-3
3. สัปดาห์แรกจะทำการฝึก ระดับที่ 1 ร่วมกับการทำ Static plank
4. เพิ่มระดับความยากเมื่อผู้เข้ารับการฝึกสามารถรักษาความมั่นคงของท่าได้เพียงพอ โดยจะทำการระดับ 1 ระยะเวลา 2 สัปดาห์แรก จากนั้นฝึกระดับ 2 ในสัปดาห์ที่ 3 – 6 และระดับ 2-3 ในสัปดาห์ที่ 7-12
5. เมื่อผู้เข้ารับการฝึกสามารถทำ 3 Point Plank ได้ดีจะสามารถเริ่มนำไปใช้กับการฝึกความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหว ร่วมกับท่า plank

ตารางท่าและความก้าวหน้าการฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

Core body stability training (Slungaard et al., 2019)				
Level	Neutral Position	Name	Details	Repetitions
1	Crook lying	Transversus abdominis in crook lying	- Gently contract transversus abdominis and pelvic floor - Hold for 10 seconds – keep breathing	10 reps with 5 sec rest after each
1	Crook lying	Overhead Arms	- Gently contract transversus abdominis and pelvic floor - Slowly take one arm overhead towards the floor - Do not let your back arch and slowly return to start. Then, repeat on the other side	20 reps x 3 sets with 30sec rest
1	Crook lying	Windmills	- Start position as per overhead arms - Slowly take one arm overhead while taking the other to the floor - With both arms on the floor, move them through an arc to reverse positions - Slowly return to the start position - Repeat in the other direction	20 reps x 3 sets with 30sec rest



Core body stability training (Slungaard et al., 2019)					
Level	Neutral Position	Name	Details	Repetitions	
1	Crook lying	Crook Lying hip extensions	<ul style="list-style-type: none"> - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Slowly slide your leg straight out - Then slide it back again - Do not allow your back arch or flatten - Repeat with the other leg 	20 reps x 3 sets with 30sec rest	
1	Crook lying	Bridging	<ul style="list-style-type: none"> - Lying on your back with you knees comfortably bent, feet hip width apart and flat on the floor. Arms up pointing at the ceiling - Find neutral pelvic/spine position - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Tilt pelvis backward and slowly peel your lower back off the floor - Start at your lower back and continue until you are in a bridge - Hold for 5 secs then reverse movement back to the star 	20 reps x 3 sets with 30sec rest	 
1	Crook lying	Four-point kneeling	<ul style="list-style-type: none"> - 4-point kneeling, knees under hips, hands under shoulders. Spine neutral - Find neutral pelvic/spine position - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Hold for 10 seconds – keep breathing 	10 reps with 5 sec rest after each	
1	Standing	Standing Series1	<ul style="list-style-type: none"> - Stand holding neutral posture - Raise one leg with a flexed knee - Take leg away from the mid line - Lower leg to the starting point - Repeat with your other leg 	20 reps x 3 sets with 30sec rest	
1	Plank	Static plank	<ul style="list-style-type: none"> - Prone position with your feet together and pivoting on your toes - Rest on your elbow with your forearms directed forwards - Straight line between hips, knees and ankles - Find neutral pelvic/spineposition - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor 	5 reps with 60 sec hold 60 sec rest	
2	Supine	Bent Knee Fall Out	<ul style="list-style-type: none"> - Lying on your back with you knees comfortably bent, feet hip width apart and flat on the floor - Find neutral pelvic/spine position - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Slowly drop one knee out to the side ensuring good pelvic control and posture is maintained - Only travel through a controlled range - Slowly return to the start and changelegs 	20 reps x 3 sets with 30sec rest	

Core body stability training (Slungaard et al., 2019)				
Level	Neutral Position	Name	Details	Repetitions
2	Side lying	Clam	<ul style="list-style-type: none"> -Side lying, hips and knees bent andvertically aligned. Ankle should be in line or slightly behind your bottom. Rest your head on your bottom arm - Keeping your heels together slowly lift the top knee. Your pelvis must not rotate or tilt - Hold for 2-3 seconds and slowly return to the starting position - Only travel through a controlled range 	20 reps x 3 sets with 30sec rest
2	Side lying	Side Lying Leg Lifts	<ul style="list-style-type: none"> - Side Lying Leg Lifts - Side lying, spine and pelvis neutral with hips aligned vertically and legs stretched out long. - Rest your head on your bottom arm and your top hand on the floor for stability - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Slowly lift top leg as far as possible without the pelvis tilting then slowly lower to starting position. Do not allow spine or pelvis to twist 	20 reps x 3 sets with 30sec rest
2	Plank	3 Point Plank	<ul style="list-style-type: none"> - Adopting the same position as the static plank - Maintaining neutral posture, carry out alternate shoulder flexion - Return to the stable position each time - Maintaining neutral posture, carry out alternate hip extension - Return to the stable position each time - With straight arms and maintaining neutral posture, carry out combine hip extension and alternate shoulder flexion - Return to the stable position each time 	5 reps with 60sec hold 60sec rest



Core body stability training (Slungaard et al., 2019)				
Level	Neutral Position	Name	Details	Repetitions
2	Standing	Kettlebell Round body	<ul style="list-style-type: none"> - Start with your feet shoulder width apart, knee slightly bent. Keep the weight through your heels. Relax your arms - Set and maintain your core and neutral spine alignment throughout - Keeping a pendulum momentum pass the kettle bell around your body from hand to hand - Do not let your back bend during this exercise 	20 reps x 3 sets with 30sec rest
3	Kneeling	Four-Point Knealing Series	<ul style="list-style-type: none"> - 4-point kneeling, knees under hips, hands under shoulders. Spine neutral - Find neutral pelvic/spine position - Gently contract transversus abdominus and pelvic floor - Slowly raise one arm forward in line with your body. Slowly lower and repeat with the opposite arm - Slowly extend one leg straight back in line with your body. Do not shift weight over stance leg or change the position of your lower back Slowly lower and repeat with the opposite leg - Slowly lift opposite arm and leg in line with your body. Slowly lower and repeat with the opposite limbs 	20 reps x 3 sets with 30sec rest



Core body stability training (Slungaard et al., 2019)				
Level	Neutral Position	Name	Details	Repetitions
3	Supine position pivoting heels	Reverse plank	<ul style="list-style-type: none"> - Supine position pivoting on your heels. Feet together, resting on your elbows with forearms directed forwards - Hips, knees and ankles together - Contract transversus abdominus and pelvic floor - Lift hips so body is aligned - Progress the exercise by lifting one leg off the floor (as shown) 	5 reps with 60sec hold 60sec rest
3	Side lying	Side Plank	<ul style="list-style-type: none"> - Resting on your elbow pivot on the outside of your lower foot to maintain 70-90 degrees at your shoulder - Shoulder, hips, knees and ankles should all be aligned - To progress slowly raise your upper leg and hold (as shown) 	5 reps with 30sec hold 30sec rest
3	High Plank	High Plank Renegade Row	<ul style="list-style-type: none"> - Neutral posture, pelvis and shoulder level with floor, neutral head position. Dumbbells under shoulders - Contract transversus abdominus and pelvic floor - Keeping your trunk still with no rotation slowly row one arm up - Slowly return and repeat with the opposite arm - To progress increase resistance or place feet on a less stable surface 	20 reps x 3 sets with 30sec rest



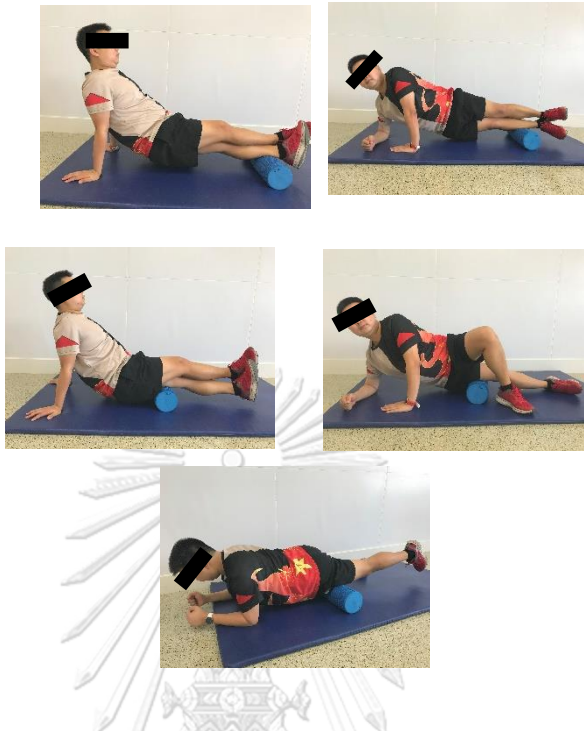
ตารางท่าการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อหลัง (Mobility training)

Mobility training (Slungaard et al., 2019)			
Crook Lying	Crook Lying Rotations	<ul style="list-style-type: none"> - Shoulders in contact with the floor - Rotate and drop knees to the floor Movements should be rhythmical - Gently extend top leg to increase stretch - Rotate upper body in the opposite in order to take the stretch even further 	10 reps each
Crook Lying	Scorpion	<ul style="list-style-type: none"> - Start in prone lying - Front of your shoulders remain contact with the floor Rotate and drop foot to the floor on the opposite side (as shown) - Movements must be controlled and rhythmical - Repeat on the opposite side - No pain should be felt during this exercise 	10 reps each
Standing	Torso Rotation with Lunge	<ul style="list-style-type: none"> - Start in standing - Complete a single lunge with trunk rotation - Keep lower limbs facing forwards - Repeat on the opposite side 	10 reps each
Kneeling	Point Rotations	<ul style="list-style-type: none"> - Start in 4 point kneeling your hands under your shoulders and knees under your hips - Sweep your arm under and through your body. Keep your static arm straight and aim to get your moving shoulder to the floor - Rotate back around, open your body out and reach up and around - Movements should be rhythmical - Repeat on the opposite side 	10 reps each



ที่มา: Slungaard et al (2019)

การฝึกใช้ Foam rolling หรือการนวดตัวเองด้วยโฟม



ใช้เพื่อคลายกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อต่างๆ ดังรูป

วิธีการ

1. กลิ้งบนโฟมในพื้นที่หรือกล้ามเนื้อเป้าหมาย ดังรูป เป็นระยะเวลา 30-60 วินาที
2. เป็นการเคลื่อนไหวซ้ำที่มีการควบคุม
3. หลีกเลี่ยงการกลิ้งบนกระดูกหรือจุดที่มีปุ่มกระดูก

ที่มา: Slungaard et al (2019)



เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบิน (EFFECTS OF MULTIMODAL EXERCISE PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE IN STUDENT PILOTS)

ผู้สนับสนุนการวิจัย ทุน ๙๐ ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและเงินสนับสนุนโครงการวิจัยเงินทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อผู้วิจัยหลัก นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร สีสาทะพันธ์ ตำแหน่ง น.กายภาพบำบัด กวฟ.รพ.ภูมิพลอดุลยเดช พอ.

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.ตรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : พลอากาศตรี วรงค์ ลาภานันต์ และ ศาสตราจารย์ ดร.อิทธิภูมิ ทานากะ

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) - คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม ๑ เขต

ปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

- กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ๑๗๑ ถนนพหลโยธิน เขต

สายไหม แขวงคลองถนน กรุงเทพฯ ๑๐๒๒๐

(บ้าน) ๑๐๔๙-๕๓ ถนนพหลโยธิน เขตพญาไท แขวงพญาไท กทม.๑๐๔๐๐

เบอร์โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) ๐๒-๕๓๔-๗๙๒๐ เบอร์โทรศัพท์ (ส่วนตัว) ๐๘๑-๙๐๒-๙๓๗๔

ชื่อผู้วิจัยร่วม พลอากาศตรี เสกสรร คันธา ตำแหน่ง ผบ.รร.การบิน

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) โรงเรียนการบินกำแพงแสน เลขที่ ๑ หมู่ ๗ ตำบลกระตี่ อำเภอกำแพงแสน

จังหวัด นครปฐม ๗๓๑๘๐

เบอร์โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) ๐๒๔-๙๙๖-๔๘๔๕

๑. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าวขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติมกรุณาซักถามจากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัย ซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

๒. ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัวเพื่อนหรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

๓. โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อ เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิด สมรรถนะการบิน สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ การทำงานของหลอดเลือด การไหลเวียนเลือด การไหลเวียนของเลือดในสมอง และสารชีวเคมีในเลือดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้คือ ได้รูปแบบออกกำลังกายเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นนักบิน

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

ขับไล่จู่โจมของกองทัพอากาศ ที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย ลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสามารถนำไปใช้ในการฝึกในชีวิตประจำวันได้ ระยะเวลาที่จะทำวิจัยทั้งสิ้น ๑๒ เดือน จากเดือน มิ.ย. ๖๕ ถึงเดือน พ.ค. ๖๖)

๔. ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากท่านเป็น ศิษย์การบินชั้นมัธยมที่ จำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น ๓๐ คน

๕. ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม ผู้ที่มีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูลของท่านจะมีเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนเท่านั้น

๖. หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏใน เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ รพ.ภูมิพลอดุลยเดช พอ. ชั้น ๓ อาคารคุ้มเกล้า สง.ศ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์ รพ.ภูมิพลอดุลยเดช พอ. โทร ๐๒-๕๓๔-๗๒๕๕

เหตุผลความเป็นมา

การทำกิจกรรมซับซ้อนที่มีการใช้สมองของการรู้คิดที่ซับซ้อนและมีภาระงานสูง ปกติสมองจะได้รับพลังงานซึ่งก็คือออกซิเจนและกลูโคสจากการไหลเวียนเลือดของสมอง การทำงานที่ซับซ้อนสมองจะมีการใช้พลังงานที่มากกว่างานที่ไม่ซับซ้อน เมื่อมีการทำกิจกรรมที่ซับซ้อนเป็นระยะเวลาานาน จะทำให้สมองมีการใช้พลังงานมากกว่าพลังงานที่มีอยู่ ส่งผลทำให้เกิดอาการล้าของสมองหรือการหมดพลังงาน อาการนี้ว่าความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Cognitive fatigue) เมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด สมองจะมีการตอบสนองช้าลงและมีจำนวนครั้งของความผิดพลาดเพิ่มขึ้น ในนักบินขับไล่โจมตีขณะทำการบินจะเผชิญสภาวะแวดล้อมที่มีความกดดันสูงทั้งจากการขับเครื่องบิน การประมวลข้อมูลขณะทำการบิน ร่วมกับการเผชิญแรงโน้มถ่วงที่มีทิศทางการบินที่มีความเร่งด้านแรงโน้มถ่วงโลกในแกน Z หรือทิศทางศีรษะ-เท้า (+Gz Acceleration; +Gz) ที่จะลดการไหลเวียนของเลือดในสมอง ส่งผลให้ปริมาณเลือดและออกซิเจนไปที่สมองลดลง เพื่อรักษาระดับความดันโลหิตที่ไปเลี้ยงสมอง นักบินจะทำการเกร็งกล้ามเนื้อช่วงท้องและขาทั้ง 2 ข้าง (Anti-G Straining Maneuver, AGSM) ซึ่งนักบินขับไล่โจมตีจะมีการฝึกและเตรียมสมรรถภาพทางกายให้พร้อมสำหรับการทำการบิน แต่นักบินที่มีประสบการณ์น้อยมีโอกาสเกิดใช้พลังงานที่มากและเกิดอาการล้าของกล้ามเนื้อที่มากกว่า จึงส่งผลให้นักบินที่มีประสบการณ์น้อยเกิดการลดลงของการรู้คิด (Cognitive function) หลังเผชิญกับการเข้าแรงโน้มถ่วงมากกว่านักบินที่มีประสบการณ์มาก

เนื่องจากพื้นฐานของการเป็นนักบินขับไล่จู่โจมจะต้องเริ่มมาจากศิษย์การบิน งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นงานวิจัยเชิงทดลองแรกของประเทศไทยที่มุ่งเน้นการสร้างประโยชน์ต่อศิษย์การบิน โรงเรียนการบินกำแพงแสน ซึ่งเป็นที่ผลิตนักบินของกองทัพอากาศก่อนที่จะก้าวไปสู่ักบินขับไล่จู่โจมในอนาคต ผู้วิจัยคาดว่า

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

การฝึกแบบผสมผสานเป็นการฝึกที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง เพิ่มสมรรถภาพร่างกาย ทางระบบหัวใจและหลอดเลือดร่วมกับการเพิ่มความแข็งแรงของการทำงานของกล้ามเนื้อ จะสามารถลดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและเพิ่มสมรรถนะการบิน (Flight performance) ของศิษย์การบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งการส่งเสริมความมั่นคงและการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากอาการทางกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น ปวดหลัง ปวดคอ ที่เป็นหนึ่งในอาการที่พบได้ในนักบินขับไล่จู่โจม

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์หลักจากการศึกษาในครั้งนี้คือ ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบินกองทัพอากาศไทย

จำนวนผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย คือ ๓๐ คน แบ่งเป็นกลุ่มละ ๑๕ คน

วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะขอประเมิน ข้อมูลพื้นฐานและประวัติสุขภาพ ความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และแบบทดสอบถามเพื่อใช้ในการพิจารณาลำดับและเวลาที่จะใช้ในการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและประเมินความเป็นไปได้สำหรับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ด้วยการทดสอบการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยทรานสคราเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (Transcranial Doppler ultrasound) เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัย

หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าท่านจะได้รับเชิญให้มาพบแพทย์ตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย เพื่อทดสอบสมรรถภาพร่างกาย ณ โรงเรียนการบิน ๓ วัน และในกลุ่มออกกำลังกายแบบผสมผสานจะทำการฝึกออกกำลังกาย ๕ วันต่อสัปดาห์ โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ ๔ เดือนและมาพบผู้วิจัยหรือผู้ร่วมทำวิจัยทั้งสิ้น ๖๖ ครั้ง (กลุ่มออกกำลังกายแบบผสมผสาน) ๖ ครั้ง (กลุ่มควบคุม)

ผู้วิจัยจะทำการให้ข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยกับท่านอย่างละเอียดครบถ้วนไม่มีการปิดบัง ท่านสามารถสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ด้วยตนเอง ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจอย่างอิสระที่จะให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยหรือไม่เข้าร่วมงานวิจัย ผลการตัดสินใจของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับเฉพาะผู้วิจัยเท่านั้น ถ้าท่านสนใจจะเข้าร่วมการคัดกรอง ให้ท่านติดต่อกับผู้วิจัยโดยตรงเพื่อนัดวันเวลาเข้ารับการคัดกรอง ซึ่งท่านจะได้รับการคัดกรอง ได้แก่ สอบถามข้อมูลพื้นฐานและประวัติสุขภาพ ประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย ประเมินระดับกิจกรรมทางกาย ประเมินความเป็นไปได้สำหรับการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ด้วยการทดสอบการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดสมองด้วยทรานสคราเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (Transcranial Doppler ultrasound)

เมื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัยและท่านตัดสินใจเข้าร่วมงานวิจัย ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้วิจัยตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยจะทำการนัดหมายในช่วงเวลา ๘.๐๐-๑๖.๐๐น เป็นจำนวน ๓ วัน เพื่อทดสอบสมรรถภาพร่างกาย ทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและการทดสอบสมรรถภาพ

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

การบิน ณ โรงเรียนการบิน จ.นครปฐม ๓ วัน ระยะเวลาการทดสอบก่อนและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่มจะใช้ระยะเวลาการทดสอบรวมไม่เกิน ๒ สัปดาห์ ถ้าท่านตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยมีมาตรการที่จะปกป้องท่านเพื่อป้องกันความแตกต่างจากกลุ่มศิษย์การบินในชั้นเรียนเดียวกันโดยจะให้ท่านมีตารางการทดสอบและการฝึกเหมือนกับผู้ที่เข้าร่วมงานวิจัยแต่เป็นการจัดให้กับคนที่ไม่เข้าร่วมงานวิจัยเท่านั้น ซึ่งท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมการฝึกแต่สามารถเข้ามาใช้พื้นที่การฝึกได้อย่างอิสระ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับเฉพาะผู้วิจัยเท่านั้น

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการนัดหมายให้งดการรับประทานอาหาร (ยกเว้นน้ำ) ๑ คืนก่อนก่อนวันทดสอบสำหรับการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย ผู้วิจัยจะให้ท่านการประเมินสมรรถภาพทางกายดังนี้

๑. ตรวจวัดค่าตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก และความดันโลหิตขณะพัก ชั่งน้ำหนักตัว วัดส่วนสูง และดัชนีมวลกาย และองค์ประกอบของร่างกาย เช่น เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ ๓๐ นาที

๒. ประเมินสมรรถภาพปอด โดยเครื่องใช้เครื่องวัดความจุปอด ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ ๑๕ นาที

๓. ประเมินความยืดหยุ่นของร่างกาย (Flexibility) ด้วยการทดสอบด้วยกล่องวัดความอ่อนตัวด้วยท่านั่งงอตัว (Sit and reach)

๔. ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขณะอยู่นิ่ง ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก้ำมือขณะอยู่นิ่งและประเมินความอดทนของกล้ามเนื้อก้ำมือ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ ๕๐ นาที



รูป การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจากกล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อก้ำมือ

๕. ประเมินสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ได้แก่ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ด้วยการทดสอบบนลู่วิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนักทุก 3 นาที ร่วมกับประเมินการไหลเวียนเลือดในขณะออกกำลังกายแบบที่ไม่ต้องนำอุปกรณ์ใส่เข้าไปในร่างกาย ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ ๔๕ นาที

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

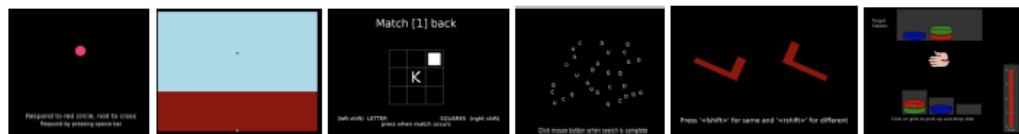


รูปที่ 4 การประเมินสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจร่วมกับประเมินการไหลเวียนเลือดในขณะที่ออกกำลังกาย

๖. ทหาระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่จะสามารถคงสมรรถภาพของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดให้ได้มากกว่า ๘๕% จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำความคุ้นเคยกับการทดสอบประเมินการรู้คิดในการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด รูปที่ ๖ ได้แก่ ด้านสมาธิ ด้านการบริหารจัดการ ด้านมิติสัมพันธ์และด้านความจำ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะทำแบบทดสอบทั้งหมดเป็นจำนวน ๓ ครั้ง โดยจะให้ทำในขณะที่พักก่อนเข้ารับการประเมินสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ ๖๐ นาที



รูปที่ 5 วิธีการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด



รูปที่ 6 การทดสอบประเมินการรู้คิดในการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการนัดหมายให้งดการรับประทานอาหารหลังเวลา 20.00น. (ยกเว้นน้ำ) ก่อนวันเก็บตัวอย่างเลือดในทดสอบสารชีวเคมีในเลือด ณ โรงเรียนการบิน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องพักผ่อนอย่างน้อย ๖ ชั่วโมงและปฏิบัติตามข้อมูลการปฏิบัติตัวก่อนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกายดังนี้

๑) การเก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัยในเวลา ๐๖.๐๐-๐๗.๐๐น. โดยพยาบาลวิชาชีพหรือนักเทคนิคการแพทย์ ผู้เข้าร่วมวิจัยขึ้นสิทธิ์ตามสิทธิการรักษาพยาบาล ณ โรงพยาบาลจันทบุรีเบกษา โดยทำการเจาะเลือด ๑ ครั้ง จำนวน ๑๕ มิลลิลิตร (ประมาณ ๓ ซ้อนชา) ใช้เวลาในประมาณ ๕ นาที เพื่อวิเคราะห์สารชีวเคมีในเลือด ดังนี้

- ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด
- ระดับน้ำตาลในเลือด
- ระดับไขมันในเลือด
- สารที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง รักษา ความยืดหยุ่นและช่วยควบคุมความสมดุลของพลังงานในสมอง

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

๒) การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ให้ท่านงดดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนหรืออาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ งดดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย ๑๒ ชั่วโมงก่อนการทดสอบและต้องมีจำนวน ชั่วโมงที่นอนในคืนก่อนการทดสอบไม่น้อยกว่า ๖ ชั่วโมง การทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเป็นการ ทดสอบการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงของการรู้คิดจากการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้ คิดจากสถานการณ์จำลองการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วยโปรแกรม TloadDback เป็นระยะเวลา 16 นาที ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องตัดสินใจว่าตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ เมื่อเป็นเลขคี่ให้ใช้มือ ขวากดเลข 3 บนแป้นพิมพ์ เมื่อเป็นเลขคู่ให้ใช้มือขวากดเลข ๒ เป็น เมื่อแสดงเป็นตัวเลขให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยดู ว่าเป็นตัวอักษรที่ซ้ำกับตัวอักษรก่อนหน้าหรือไม่ ถ้าซ้ำให้กดแป้นเคาะวรรค ซึ่งเป็นการที่สมองจะต้องทำงาน 2 ชนิดไปพร้อมกันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะสามารถกระตุ้นทำให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดได้ ในขณะที่ ทดสอบจะประเมินความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมองด้วยการสวมที่ใส่ที่รัดศีรษะสำหรับจับหัว อดตราต้นของหัวใจพร้อมสายรัดรอบหน้าอกและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในสมองจากการแปะขั้ววัดที่ หน้าผากตลอดการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ณ โรงเรียนการบิน จ.นครปฐม โดยมีผู้วิจัยและ เจ้าหน้าที่ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาคอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด ใช้ระยะเวลาทดสอบประมาณ ๔๕-๕๐ นาที



รูปที่ สถานการณ์จำลองการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

๓) การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, %1RM) เพื่อเตรียม ความพร้อมสำหรับการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Resistance training combined with Blood flow resistance training) ของกลุ่มการฝึกแบบผสมผสาน ก่อนการทดสอบผู้วิจัย จะทำการสอนท่าการฝึกแบบมีแรงต้านและการใช้ที่ถูกต้อง และจะทำการประเมินแบบการทดสอบน้ำหนัก สูงสุดที่ยกได้ ๕ ครั้ง (5 RM) เพื่อนำไปคำนวณน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว จากนั้นจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยยก น้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว ทำการยกไม่เกิน ๓ ครั้ง

ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจจะรู้สึกกล้ามเนื้อล้า ปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งไม่เป็นอันตรายแต่อย่างไร เนื่องจากเป็น ปฏิกริยาที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการทำกิจกรรมทางกายที่เพิ่มมากขึ้น โดยให้พัก ๑-๒ วันร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อที่ ผู้วิจัยให้คำแนะนำ อาการก็จะดีขึ้น

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับผลการวิเคราะห์สมรรถภาพทางร่างกาย และค่าสารชีวเคมีในเลือดต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและคำแนะนำในการปฏิบัติตัว แต่หากพบความผิดปกติ ผู้วิจัยจะแนะนำให้ปรึกษาแพทย์และบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป

เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้โปรแกรมการฝึกของแต่ละกลุ่ม โดยมีรายละเอียดการฝึกแบ่งตามวัน ดังนี้

กลุ่มฝึกแบบผสมผสานจะได้รับการฝึกจำนวน ๕ ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา ๑๒ สัปดาห์ การฝึกมีการควบคุมรูปแบบการฝึกตามวัน

- วันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์จะเริ่มจากการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การฝึกการรู้คิดจะใช้การเล่นเกมส์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือการ์ด ใช้อุปกรณ์ที่ตั้งเวลาเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถใช้มือหรือเท้าไปกดปุ่มตามสีที่กำหนด หรือการใช้เท้ากดปุ่มในขณะที่มือทำการเลี้ยงลูกบอล ระยะเวลา ๒๐ นาที แล้วตามด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพระบบหัวใจและระบบหายใจ รักษา ความยืดหยุ่นและช่วยควบคุมความสมดุลของพลังงานในสมอง การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงด้วยน้ำหนักของร่างกาย เช่น กระโดดตบ วิ่งเร็วในขณะที่อยู่กับที่ โดยกำหนดความหนักอยู่ที่ ๙๐-๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพระบบหัวใจและการหายใจ ใช้ระยะเวลาการฝึกรวมทั้ง ๑๙ นาที จากนั้นตามด้วย จากนั้นตามด้วยการผ่อนคลายร่างกายและการยืดกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ที่เป็นการเพิ่มยืดหยุ่นให้ข้อต่อต่างๆ เช่น หลัง และคอที่จะช่วยป้องกันการเกิดอาการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อ เป็นเวลา ๑๐ นาที รวมเป็นระยะเวลาทั้งหมด ๕๕ นาที

Group	Training Schedule				
	Monday (55 min)	Tuesday (59 min)	Wednesday (55 min)	Thursday (59 min)	Friday (55 min)
Multimodal	Cognitive & Coordination	RT-BFR	Cognitive & Coordination	RT-BFR	Cognitive & Coordination
	HIIT 1		HIIT 2		HIIT 3
	Mobility	Core	Mobility	Core	Mobility
Control	As Routine training : Running, core mobility Self-training: body weight/ weight resistance training				

รูป ตารางการฝึกกลุ่มฝึกแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)



รูป การฝึกการรู้คิด

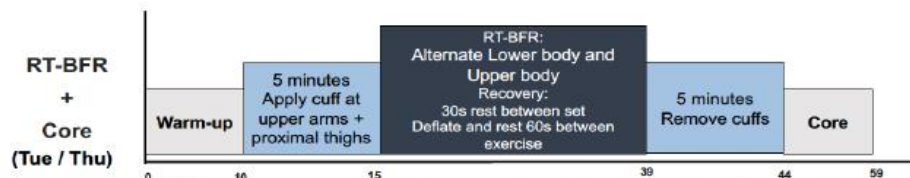


รูป การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว



รูป ทำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง

- วันอังคารและวันพฤหัสบดี เป็นการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตและการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เริ่มต้นด้วยการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา ๑๐ วินาที ตามด้วยการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต เป็นการฝึกแบบมีแรงต้านที่ ๒๐ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, %1RM) ในกล้ามเนื้อแขนและขาขณะที่ทำการจำกัดการไหลเวียนโลหิตด้วยสายรัดต้นแขนและขา ตั้งระดับความดันที่ ๖๐ เปอร์เซ็นต์ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล โดยจะทำการรัดบริเวณส่วนต้นที่สุดของขาทั้ง ๒ ข้างเมื่อทำการฝึกแบบมีแรงต้านของกล้ามเนื้อขา และรัดบริเวณส่วนต้นที่สุดของแขนที่ทำการฝึกแขนทั้งสองข้าง การฝึกมีทั้งหมด ๕ ท่า ใช้ระยะเวลา ๒๔ นาที จากนั้นตามด้วยการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เป็นระยะเวลา 15 นาที รวมเป็นระยะเวลาทั้งหมด ๕๙ นาที



รูปที่ ๑๔ รายละเอียดการฝึกวันอังคารและวันพฤหัสบดีของกลุ่มฝึกแบบผสมผสาน

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)



รูปที่ ๑๕ การฝึกแบบมีแรงต้านกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต



รูป ทำการฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ
กลุ่มควบคุม จะได้รับคำแนะนำการออกกำลังกายแบบ โดยจะได้รับคำแนะนำให้มีระยะเวลาการฝึก
เท่ากับกลุ่มทดลอง

ระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ ๔ เดือน โดยกลุ่มการฝึกแบบผสมผสานจะต้องมาพบผู้วิจัย
หรือผู้ร่วมทำวิจัยเพื่อทำการทดสอบจำนวน ๖ วัน ในช่วงเวลา ๙.๐๐-๑๖.๐๐น.และการทำการฝึก ๑๒ สัปดาห์
จำนวน ๖๐ ครั้ง ในช่วงเวลา ๑๓.๐๐ - ๑๘.๐๐ กลุ่มควบคุมจะเข้าทำการทดสอบจำนวน ๖ วัน

ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใครขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่าน
ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่
ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบเพื่อความปลอดภัย ท่านไม่ควรรับประทานอาหารเสริมทั้งนี้
เนื่องจากวัคซีนหรืออาหารเสริมดังกล่าวอาจมีผลต่อการออกกำลังกายที่ท่านได้รับจากผู้ทำวิจัยดังนั้น ขอให้
ท่านแจ้งผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับยาและอาหารเสริมที่ท่านได้รับในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย

ความเสี่ยงที่อาจได้รับ

การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ในการเจาะเลือดอาจมีอาการเจ็บหรือเขียวช้ำเล็กน้อย
บริเวณที่เจาะเลือด ผู้วิจัยจะแนะนำให้พักการใช้บริเวณนั้น และทำการประคบด้วยความเย็น การทดสอบความ
เหนื่อยล้าของการรู้คิดอาจจะทำให้รู้สึกมึนหรือปวดศีรษะจากการใช้งานของสมองทำงาน ๒ อย่างต่อเนื่องกัน
ได้ และทำให้ท่านรู้สึกหนักศีรษะจากการสวมที่ใส่ที่รัดศีรษะสำหรับจับหัวตรวจอัลตราซาวน์ แต่เมื่อพัก ถอดที่
รัดศีรษะ รับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มเพื่อเพิ่มพลังงานของร่างกาย เช่น น้ำหวาน ขนมขบเคี้ยวก็จะลด
อาการดังกล่าวได้ การทดสอบการไหลเวียนเลือดในสมองอาจจะเกิดผลจากความร้อนของหัวตรวจ แต่ผู้วิจัยได้
ทำการตั้งค่าและเผื่อระวังให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัยตลอดการทดสอบ การทดสอบการทำงานของหลอดเลือดมีการ

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

ใช้สายความดันที่แขนเป็นระยะเวลา ๕ นาที อาจจะทำให้เกิดความไม่สบายของแขนและมีอาการชาที่มือได้ แต่เมื่อปล่อยสายรัดอาการก็จะหายกลับมาเป็นปกติ รวมถึงอาการข้างเคียงและความไม่สบายที่ยังไม่มีการรายงานด้วยดังนั้น ระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยจะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิด

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงและการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตอาจทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ อาการเมื่อยล้าภายหลังการทดสอบและการฝึกได้ ซึ่งเป็นอาการปกติของผู้เริ่มฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักเพิ่มมากขึ้นจากปกติซึ่งอาการจะหายใน ๑-๒ วัน ผู้วิจัยได้ป้องกันการบาดเจ็บจากการฝึกออกกำลังกายโดยจัดอันดับการฝึกออกกำลังกายเป็นขั้นตอน มีขั้นตอนการอบอุ่นร่างกาย การคลายอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อที่จะลดอาการดังกล่าว การฝึกผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีความหนักของโปรแกรมที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล มีการควบคุมเฝ้าระวังตลอดการฝึก เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกออกกำลังกายในสภาวะที่ปลอดภัย การฝึกด้วยอุปกรณ์สายรัดอาจมีอาการข้างเคียง คือ มีอาการล้ากล้ามเนื้อหรือขาขณะออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะทำการสอบถามผู้เข้าร่วมวิจัยเกี่ยวกับอาการที่เกิดขึ้นเป็นระยะ ถ้าอาการดังกล่าวเป็นมากจนไม่สามารถทนไหวจะหยุดการบีบรัด และประเมินอาการ ซึ่งอาการดังกล่าวจะหายไปภายหลังจากหยุดการบีบรัดสายรัด แต่หากอาการนั้นยังคงอยู่ผู้วิจัยจะทำการประคบเย็น ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหรือนวด โดยทำการดูแลจนกว่าอาการนั้นจะดีขึ้น ในการฝึกด้วยอุปกรณ์สายรัดนั้น ผู้วิจัยจะคอยดูแลอย่างใกล้ชิดในเรื่องความปลอดภัยและป้องกันอาการดังกล่าว ไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกจนกระทั่งเกิดสภาวะผิดปกติรุนแรง ซึ่งหากเกิดภาวะความผิดปกติดังกล่าวจะทำให้หยุดการฝึกและให้การช่วยเหลือในทันที การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงและการฝึกด้วยอุปกรณ์สายรัดพบการรายงานของการเกิดผลข้างเคียงต่ำและได้มีการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีมาตรการป้องกันโดยควบคุมความหนักของการฝึกด้วยการติดตามอัตราการเต้นของหัวใจ ประเมินอาการแสดงและสอบถามอาการตลอดช่วงของการฝึก ระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยผู้วิจัยจะมีการติดตามดูแลสุขภาพของท่านอย่างใกล้ชิด ขอให้ท่านกรุณาแจ้งผู้ทำวิจัย ในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้นหรืออาการอื่นๆที่พบร่วมด้วยระหว่างที่อยู่ในโครงการ วิจัยถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่านขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

ความเสี่ยงที่เสี่ยงจากการเจาะเลือด

ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บเลือดออกซ้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืดและโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมากในการเจาะเลือดอาจมีอาการเจ็บหรือเขียวซ้ำเล็กน้อยบริเวณที่เจาะเลือด ผู้วิจัยจะแนะนำให้พักการใช้บริเวณนั้น และทำการประคบด้วยความเย็น

ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียงหรือความไม่สบายนอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อนเพื่อความปลอดภัยของท่านควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆเกิดขึ้น หากท่านมีข้อสงสัยใดๆเกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับการเข้าร่วมใน

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

โครงการวิจัยท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ๆที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันทีเพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัย

การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง

หากมีอาการข้างเคียงใดๆ เกิดขึ้นกับท่านขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันทีถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมายเพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่านและให้การรักษาที่เหมาะสมทันทีหากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

การเข้าร่วมงานวิจัยนี้จะทำให้ท่านทราบสมรรถภาพทางกายของท่าน ทั้งทางระบบหัวใจและระบบหายใจ กำลังกล้ามเนื้อ องค์ประกอบของร่างกาย (ความหนาแน่นของมวลกระดูก เเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อในร่างกาย) องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ สมรรถภาพปอด และท่านจะทราบความรู้สึกของการเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่จะทำให้ท่านสามารถป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด ในปฏิบัติการกิจหรือกิจกรรมที่มีความเสี่ยง การฝึกออกกำลังกายทั้ง ๒ กลุ่มสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายของท่านทั้งสมรรถภาพหัวใจและการหายใจ ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ซึ่งจะสามารถป้องกันความเสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น อาการปวดหลัง อาการปวดคอ ซึ่งเป็นอาการที่พบได้บ่อยในนักบินขับไล่จู่โจมเมื่อมีการปฏิบัติการมากขึ้น

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น อาจลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้น หรือความรุนแรงของโรคจะลดลงอย่างแน่นอน

ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันแก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดการใช้ยาเสริมอื่น นอกเหนือจากที่ผู้ทำวิจัยได้จัดให้รวมถึงการรักษาอื่นๆ
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบทันทีหากท่านได้รับการรักษาอื่นนอกเหนือจากยาที่ท่านใช้ตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย

อยู่ในโครงการวิจัย

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัยท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที ผู้ทำวิจัยจะยินดีรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่านเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมงานวิจัยและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย การลงนามในเอกสารให้ความยินยอมไม่ได้หมายความว่าท่านได้ละสิทธิทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใดๆ

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร สีลาเทพินทร์ ได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย

การทดสอบและค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าธรรมเนียมทางการแพทย์และค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการนอกเหนือจากสิทธิ์การรักษาของท่าน ค่าเดินทางที่ท่านได้มาทำการทดสอบ ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าเดินทางและเงินชดเชยการสูญเสียรายได้ หรือความไม่สะดวกไม่สบายในการมาเข้ารับการทดสอบในอัตราเหมาจ่ายของงานวิจัย กลุ่มควบคุมคนละ ๑,๐๐๐ บาท กลุ่มฝึกแบบผสมผสานที่เข้ารับการฝึก ๑๒ สัปดาห์ คนละ ๓,๐๐๐ บาท

การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้วท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลาโดยจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อการเรียนของท่าน ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัยเพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่านเมื่อการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัยในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านเกิดอาการข้างเคียงหรือความผิดปกติจากการได้รับกิจกรรมหรือการทดสอบที่ใช้ในการศึกษา
- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านรับประทานยาหรืออาหารเสริมที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในการศึกษา
- ท่านเกิดอาการข้างเคียงหรือความผิดปกติของผลทางห้องปฏิบัติการจากการฝึกที่ใช้ในการศึกษา

การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร

ข้อมูลนี้อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่านจะได้รับการปกปิดและไม่เปิดเผยแก่สาธารณชนและผู้บังคับบัญชา ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ เป็นการรายงานในภาพรวมที่จะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยที่ไม่สามารถระบุตัวตนของท่านได้ ในกรณีที่ท่านตัดสินใจไม่เข้าร่วมงานวิจัยหรือการถอนตัวออกจากงานวิจัย ข้อมูลของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับที่มีเพียงผู้วิจัยเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และผู้วิจัยจะดำเนินการเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดต่อท่านจากความแตกต่างจากเพื่อนในชั้นเรียนเดียวกัน ข้อมูลทั้งหมดของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับเฉพาะผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ตรวจสอบ และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม ถ้าท่านยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยแล้วและท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้งหรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอมโดยส่งไปที่ นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร สีลาเทพินทร์ ที่อยู่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม ๑ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐ โทร. ๐๘๑-๙๐๒-๙๓๓๔ หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่นๆของท่านอาจถูกนำมาใช้ เพื่อประเมินผลการวิจัยและท่านจะไม่สามารถ

เอกสารชี้แจงสำหรับกลุ่มตัวอย่าง/ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
(Participant Information sheet)

กลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก จากการลงนามยินยอมของท่านผู้ทำวิจัยและผู้สนับสนุนงานวิจัยสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึกจากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดของท่านที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้ เอกสารงานวิจัยทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่ผู้วิจัยเป็นระยะเวลา ๓ ปี และเมื่อครบกำหนดจะถูกทำลายด้วยเครื่องทำลายเอกสาร

การจัดการกับตัวอย่างชีวภาพที่เหลือ

ตัวอย่างชีวภาพที่ได้จากอาสาสมัคร เช่น เลือดที่เหลือจากงานวิจัย ผู้วิจัยจะขอเก็บตัวอย่างสำหรับตรวจซ้ำเพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองเป็นระยะเวลา ๖ เดือนและจะทำลายตามวิธีมาตรฐานทันทีที่เสร็จสิ้นการวิจัย

สิทธิของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

๑. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
๒. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
๓. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
๔. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
๕. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในดูแลในกรณีที่พบอาการแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
๖. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
๗. ท่านจะได้รับทราบว่ากรยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆทั้งสิ้น

ก็ได้ โดยผู้เข้าร่วม

ร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆทั้งสิ้น

๘. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่

๙. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้โดยปราศจากการใช้สิทธิพลบบังคับข่มขู่หรือการ หลอกลวง หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบาย สำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการจริยธรรมฯ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์ รพ. ภูมิพลอดุลยเดช ชั้น ๓ อาคารคุ้มเกล้า โทร ๐๒-๕๓๔-๗๒๕๕

ลงชื่อ

(กนกพร สีลาเทพินทร์)

หน.โครงการวิจัย (ผู้ทำวิจัย)





โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์

RC-FO-005(TH)

ปรับปรุง: พ.ศ.๖๕

**หนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
(Informed Consent Form)**

ส่วนของผู้เข้าร่วมงานวิจัยเท่านั้น

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ข้าพเจ้า.....นามสกุล.....อายุ.....ปี
ที่อยู่.....

ได้รับทราบ ข้อมูลรายละเอียดของโครงการทำวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนียวล้าของ
การรู้คิดในศิษย์การบิน

ดังต่อไปนี้คือ

- ก. วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย
- ข. รายละเอียดที่ปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมโครงการ
- ค. ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการทำวิจัย
- ง. ความเสี่ยงหรือผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้น
- จ. แนวทางป้องกัน/แก้ไข ความเสี่ยงหรือการแก้ไขผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้น
- ฉ. สำหรับผู้ป่วยใน กรณีที่มีปัญหา (ตลอด ๒๔ ชั่วโมง)

หากข้าพเจ้า มีข้อสงสัยประการใด หรือเมื่อเกิดผลข้างเคียงจากการทำวิจัยขึ้น ข้าพเจ้าจะติดต่อกับ
ชื่อ-นามสกุล นาวอากาศตรีหญิง กนกพร สีลาเทพินทร์
ที่อยู่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ
10330 โทรศัพท์ 081-9029374

ข. หากข้าพเจ้าได้รับผลข้างเคียง หรืออุบัติเหตุไม่พึงประสงค์ หรืออันตรายจากการทำวิจัย ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาล โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเมื่อแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย ข้าพเจ้าจะได้รับความคุ้มครองตามกฎหมายและจะได้รับการรักษาจนกว่าจะหาย

หากผู้ทำวิจัย มีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบอย่างรวดเร็วโดยไม่ปิดบัง

ข้าพเจ้า มีสิทธิ์ที่จะขอถอนการเข้าร่วมโครงการทำวิจัย โดยมีต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้าโดยการงดการเข้าร่วมโครงการทำวิจัยนี้จะไม่ผลกระทบท่อการได้รับบริการ หรือการรักษาที่ข้าพเจ้าได้รับแต่ประการใด

ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้ทำวิจัยว่าจะไม่เปิดเผยข้อมูล หรือผลการทำวิจัยของข้าพเจ้าเป็นรายบุคคล ต่อสาธารณชน

ข้าพเจ้า ได้รับทราบและได้ซักถามผู้ทำวิจัยจนหมดข้อสงสัยโดยตลอดแล้ว และยินยอมเข้าร่วมในโครงการทำวิจัย จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐานต่อหน้าพยาน

๑. ลงชื่อ ผู้ยินยอมหรือผู้แทนโดยชอบธรรม
()



โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์

RC-FO-005(TH)

ปรับปรุง: พ.ศ.๖๕

๒. ลงชื่อ หน.โครงการวิจัย (ผู้ทำวิจัย)
()
๓. ลงชื่อ พยาน
()
๔. ลงชื่อ พยาน
()



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์

RC-FO-005(TH)

ปรับปรุง: พ.ศ.๒๕๕

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

การวิจัยเรื่อง

(ภาษาไทย) ผลของการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบิน

(ภาษาอังกฤษ) EFFECTS OF MULTIMODAL EXERCISE PROGRAM ON COGNITIVE FATIGUE IN STUDENT PILOTS)

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

ข้าพเจ้า นาย/ นาง/ นางสาว

ที่อยู่.....

.....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารชี้แจงสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ที่แนบมาฉบับวันที่..... และ ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยสมัครใจ

ข้าพเจ้า ได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย ที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและวันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัยอันตรายหรืออาการ ที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใดๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาล โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้ทำวิจัยจะยินดีรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่านเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมงานวิจัยและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย

ข้าพเจ้า มีสิทธิที่จะขอยกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัย เมื่อใดก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการขอยกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้จะไม่ผลต่อการรักษาโรค หรือสิทธิอื่นๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่า จะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา อาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้าทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้นโดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้



โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์

RC-FO-005(TH)

ปรับปรุง: พ.ศ.๒๕๕

ผู้วิจัยรับรองว่า จะไม่มีการเก็บข้อมูลใดๆเพิ่มเติมหลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัย และต้องการให้ทำลายเอกสาร และ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้า เข้าใจว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิก การให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้า ได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึก และในคอมพิวเตอร์ การ บันทึกภาพ วีดีโอเพื่อการตรวจสอบการวิเคราะห์และการรายงานข้อมูล เพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการรวมทั้ง การใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาเท่านั้น

ข้าพเจ้า ได้อ่านข้อความข้างต้น และมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความ เต็มใจจึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

ลงชื่อ ผู้ให้ความยินยอม

(.....)

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า ยินยอม ไม่ยินยอม

ให้เก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

ลงชื่อ ผู้ให้ความยินยอม

(.....)

วันที่เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า ได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัยอันตรายหรือการไม่พึงประสงค์ หรือ ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยรวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมใน โครงการวิจัย ตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอม ด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ ผู้ให้ความยินยอม

(.....)

ลงชื่อ พยาน

(.....)

วันที่เดือน.....พ.ศ.....



ภาคผนวก ร
เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางการแพทย์

RC-FO-020
ปรับปรุง: ต.ค.๖๔

Institutional Review Board

เอกสารรับรองโครงการวิจัย IRB No. 45/65

พิจารณาโดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ
ขอรับรองว่า

โครงการ ผลของการฝึกแบบผสมผสานต่อความเหนื่อยล้าของการรู้คิดและสมรรถนะการบินในศิษย์การบิน
Effects of Multimodal Exercise Program on Cognitive Fatigue and Flight Performance in Student Pilots

โดย นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร สีลาเทพินทร์

สังกัด กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ

Type of review: ๑. Expedited review of research protocol ๒. Full board

เอกสารที่พิจารณา

๑. โครงร่างงานวิจัย
๒. เอกสารข้อมูลสำหรับผู้ป่วย และเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยฉบับภาษาไทย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทย์ทหารอากาศ ได้พิจารณารายละเอียดโครงร่างงานวิจัย เอกสารข้อมูลสำหรับผู้ป่วยและเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยฉบับภาษาไทยแล้ว ลงความเห็นว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือก่อให้เกิดภัยอันตรายแก่ผู้ถูกวิจัยแต่ประการใด

จึงเห็นสมควร ให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอได้
ออกให้ ณ วันที่ ๑๗ มิถุนายน ๒๕๖๕

นาวาอากาศเอก



(ชัชยา จันทร์ใส)

ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
กรมแพทย์ทหารอากาศ

พลอากาศตรีหญิง



(อิศรญา สุขเจริญ)

ผู้อำนวยการโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช
กรมแพทย์ทหารอากาศ



ภาคผนวก ก

เอกสารได้รับการอนุเคราะห์การเข้าศึกษาและรับการแนะนำวิธีการตรวจหลอดเลือดสมองด้วย
คลื่นเสียงความถี่สูง (TCD) ณ หน่วยตรวจสาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะ
แพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล โรงพยาบาลศิริราช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขรับที่: 1611
วันที่: 23 สิงหาคม 2565 เวลา 09:49



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขรับที่: 04229
วันที่: 22 สิงหาคม 2565 เวลา 11:53

สาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
2 ถนนพราณอก แขวงศิริราช
เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
โทร. 02-4197101-2 โทรสาร. 02-4122400

ที่ อว 78.07/๐๖๒4๖
วันที่ 1๐ สิงหาคม 2565
เรื่อง ยินดีรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา เข้ารับฝึกอบรมและปฏิบัติงาน

เรียน อธิการบดีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตามที่ นางสาวกนกพร สีสเทพินทร์ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย
หลักสูตรวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีความประสงค์ขอศึกษาดูงานในวันที่ 5 - 22 กรกฎาคม 2565 โดยเข้าศึกษาการตรวจ
หลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (TCD) ณ สาขาวิชาประสาทวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ นั้น

สาขาวิชา ไม่ขัดข้อง ยินดีรับ นางสาวกนกพร สีสเทพินทร์ เข้ารับการฝึกอบรมและปฏิบัติงานด้านการ
ตรวจหลอดเลือดสมองด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (TCD) โดยมีนายแพทย์สงคราม โชติกอนูชิต เป็นผู้ให้ความรู้ใน
การศึกษาดูงาน


เรียน คณบดี ผ่านรองคณบดี
(ผศ.ดร.ณัติพร นกแก้ว)

จึงเรียนมาเพื่อทราบและขอความกรุณาแจ้งผู้ขอเข้าศึกษาดูงานดังกล่าว ^{เพื่อโปรดทราบ} และเป็นที่ยินดีของ ^{และเห็นความมอบหมาย}
เรียน รองอธิการบดี (ผศ.ดร.ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา) นางสาวกิรินัน ภูษี ^{นางสาวกิรินัน ภูษี} ^{แจ้งอาจารย์ที่ปรึกษาและนิสิตทราบ}
ผ่าน ผู้ช่วยอธิการบดี (อ.ศิริชัย ศิริชุมแสง)
เพื่อโปรดพิจารณา


22 สิงหาคม 2565

เรียน รองอธิการบดี (ผศ.ดร.ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา)
เห็นความมอบคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

22 สิงหาคม 2565

(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ประสิทธิ์ วัฒนาภา)
คณบดีคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
เรียนคณบดี
เห็นควรแจ้งคุณกิรินันเพื่อประสานงาน ดำเนินการต่อ
นิสิตและขอที่ปรึกษาทราบ

22 สิงหาคม 2565 23 ส.ค. 2565


23 ส.ค. 2565


23 ส.ค. 2565



การศึกษานำร่อง

1. ผู้วิจัยปรึกษาและปรับการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิดให้เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิดในศิษย์การบินกับนักจิตวิทยาและจิตแพทย์ของสถาบันเวชศาสตร์การบิน กองทัพอากาศ จากนั้นได้ทำการนำเสนอโครงร่างงานวิจัยกับแพทย์เวชศาสตร์การบิน ในการประชุมวิชาการของแพทย์เวชศาสตร์การบิน เพื่อขอคำปรึกษาและคำแนะนำเพิ่มเติมในการประเมินและการฝึกให้สอดคล้องกับศิษย์การบินและนักบินกองทัพอากาศ ดังรูปที่ 17



การนำเสนอโครงร่างงานวิจัยกับแพทย์เวชศาสตร์การบิน สถาบันเวชศาสตร์การบิน

2. ได้รับการอนุเคราะห์จากผู้บัญชาการโรงเรียนการบินให้ทำการศึกษานำร่องในศิษย์การบินจำนวน 8 คน เพื่อดูความเหมาะสมในการประเมินสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ เช่น การประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) ด้วย Bruce protocol การประเมินการทำงานของหลอดเลือด การประเมินสมรรถภาพการบินในห้องฝึกบินด้วยสถานการณ์จำลองและการประเมินความเหนื่อยล้าของการรู้คิด แสดงข้อมูลการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิด พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการตอบสนองเฉลี่ยยกเว้นการตอบครั้งที่ 2 ของการทดสอบ Visual search และระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในขณะที่มีการลดลงของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความเร็วการไหลเวียนเลือดในสมองเฉลี่ย แต่เมื่อได้สอบถามตารางการเรียนและการเปลี่ยนแปลงของเครื่องบินของศิษย์การบินระหว่างเรียน จึงไม่สามารถทำการทดสอบสมรรถภาพการบินได้ ผู้วิจัยจึงต้องตัดตัวแปรนี้ออกจากงานวิจัยและได้ดำเนินการแจ้งรายละเอียดแก่คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว



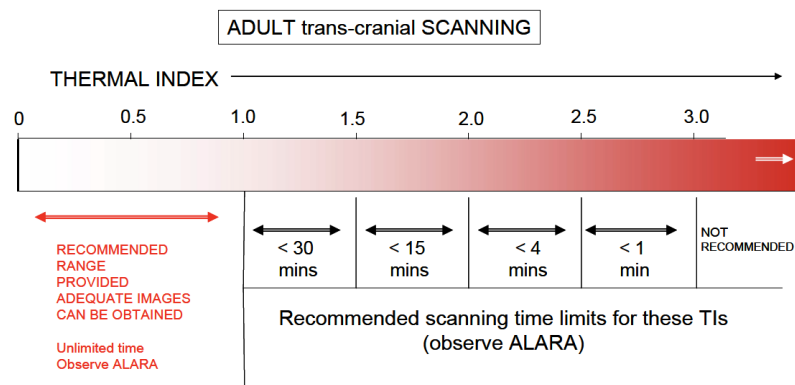
การทำการศึกษานำร่องในศิษย์การบิน โรงเรียนการบิน

ผลการศึกษานำร่องในศิษย์การบินจำนวน 8 คน

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ	ค่าเฉลี่ย (min – max)	หน่วย
1. สมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจ - VO ₂ peak - Cardiac output - Cardiac index - Peak heart rate	46.25 (40-52) 28.5 (21.6-35.7) 14.8 (11.0 – 19.9) 187.5 (165-200)	ml/kg/min l/min l/min/m ² beat/min
2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Back-leg muscular strength) - Hand grip - Back muscle strength - Leg muscle strength	0.68 (0.53-0.83) 1.78 (1.42-2.41) 2.34 (1.87-3.0)	kg / body weight
3. ความยืดหยุ่น (Sit and reach test)	10.14 (-3.5 – 15.5)	cm
4. การทำงานของหลอดเลือด - Ankle Brachial Index (Left:Right)	1.01:1.06 (0.9-1.11:0.89-1.23)	
ความเหนียวล้าของการรู้คิด	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย	
	ระยะเวลาการตอบสนอง	ความเร็วของการไหลเวียนเลือดในสมอง
Low order task - PVT (Sustained attention)	3.26	0.48
High order task - Vsearch: Detection/Answer - Mental rotation - Timewall - Stroop color	8.73 / - 1.6 5.1 17.46 6.12	- 2.05 -1.41 -1.57 -3.41

3. เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงความของการทดสอบด้วยทรานสครีเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ ตามแนวทางปฏิบัติของ The British Medical Ultrasound Society จะใช้การประเมิน Thermal index for cranial bone (TIC) ที่ใช้ในการประเมินแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการเกิด Cavity จากการทดสอบ โดยพบว่าค่า TIC ที่ 0-1 เป็นค่าที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการจำกัดเวลาในการทดสอบ แต่ถ้าพบค่า TIC ที่มากกว่า 1 จะมีการจำกัดระยะเวลาการทดสอบ โดย TIC ระหว่าง

0.7-1 จะจำกัดการทดสอบที่ 60 นาที ค่า 1-1.5 จำกัดการทดสอบที่ 30 นาที งานวิจัยนี้ไม่ได้มีการใช้การทดสอบด้วย Contrast Agent จึงเน้นการประเมินด้วยค่า TIC ให้อยู่ในค่าที่ปลอดภัย จากการศึกษาในห้องในในศิษย์การบินและการประเมินในนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา รวมทั้งหมด 13 คน พบว่ามีระยะเวลาทดสอบการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดที่ 45-50 นาที มีค่า TIC ที่ระหว่าง 0.7-0.9 ซึ่งเป็นค่า TIC ที่อยู่ในระยะเวลาปลอดภัยต่อการใช้ในการประเมินด้วย ทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ แต่เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการใช้ ด้วยทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ ผู้วิจัยได้มีการตั้งค่าเริ่มต้นของการทำงานให้อยู่ในระยะเวลาที่ปลอดภัย และจะมีการเฝ้าระวัง และสังเกตค่า TIC ให้อยู่ในระดับที่น้อยกว่า 1 ตลอดการทดสอบและจะหยุดการทดสอบเมื่อมีค่าเกินกว่าค่ากำหนดตามแนวทางปฏิบัติการประเมินด้วยทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ (British Medical Ultrasound Society, 2010; Society of Radiographers and British Medical Ultrasound Society, 2021)



ข้อเสนอแนะความปลอดภัยในการทดสอบ

ด้วยทรานสครเนียล ดอปเลอร์ อัลตราซาวด์ ในผู้ใหญ่

ที่มา: British Medical Ultrasound Society (2010)



การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานและการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

นำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา 1 ท่าน แพทย์เวชศาสตร์การบิน 1 ท่าน นักกายภาพบำบัด 1 ท่าน ครูผู้สอนการออกกำลังกาย (Fitness trainer) 1 ท่าน และครูการบิน 1 ท่าน ทำการตรวจและพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสาน และเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยแพทย์เวชศาสตร์การบินและจิตแพทย์ 1 ท่าน นักจิตวิทยาคลินิกผู้เชี่ยวชาญทางจิตวิทยาของผู้ทำการในอากาศ 1 ท่าน และอาจารย์สรีรวิทยาการแพทย์และประสาทวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ทำการตรวจและพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด การพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาจะใช้เกณฑ์ ค่าดัชนี (Item objective congruence; IOC) โดยแบบประเมินในการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ตามเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนน +1	หมายถึง	แน่ใจว่ามีความตรงของเนื้อหา
ให้คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่ามีความตรงของเนื้อหา
ให้คะแนน -1	หมายถึง	แน่ใจว่าไม่มีความตรงของเนื้อหา

$$IOC = \Sigma R / N$$

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้อง
	ΣR	คือ	ผลรวมคะแนนจากผู้ทรงคุณวุฒิ
	N	คือ	จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

คะแนนจากที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินให้จะต้องมากกว่า 0.05 (Rovinelli and Hambleton, 1976) จึงจะถือได้ว่า รูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานมีความเหมาะสมและนำไปใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยจะทำควบคู่ไปกับการขออนุญาตทำวิจัยและการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานและการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดพบว่า ทุกข้อรายการมีค่า IOC มากกว่า 0.5 คะแนนรวมค่า IOC ของโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานเท่ากับ 0.91 และ คะแนนรวมค่า IOC ของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดเท่ากับ 0.98 ซึ่งแสดงว่าฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสานและการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิดผ่านเกณฑ์การประเมินและมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้

ความตรงเชิงเนื้อหาของการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด

ส่วนที่ 1	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
เนื้อหาโปรแกรมการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว	แพทย์เวชศาสตร์การบิน	อาจารย์ทางประสาทวิทยาศาสตร์การแพทย์	นักจิตวิทยา
1 รูปแบบการฝึกการรู้คิดแบบการใช้การ์ด	1	1	1
2 รูปแบบการฝึกการรู้คิดด้วยโปรแกรม Lumosity และ Encephalapp	1	1	1
3 การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวการเคลื่อนไหวแบบ Eye-movement coordination จากการใช้จากเท้าอย่างเดียว การใช้มืออย่างเดียว การใช้เท้าและมือ 1 ข้าง ทำกิจกรรมและการใช้เท้าและมือ 2 ข้างทำกิจกรรม ตามลำดับ จากการใช้ Blazepod และ ลูกบอลขนาด	1	1	1
4 การฝึกการรู้คิดสลับกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว	1	1	1
5 ระยะเวลาการฝึก (20 นาที)	1	0	1
6 ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1
7 รูปแบบในการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวในภาพรวม	1	1	1
ส่วนที่ 2			
1. รูปแบบการกระตุ้นความเหนื่อยล้าของการรู้คิดด้วย Individual Time load N-Back	1	1	1
2. การประเมินตัวแปรของการวัดเชิงอัตวิสัย (Subjective measurements X – ภาระงาน (Workload): NASA-TLX	1	1	1
- ความเหนื่อยล้าของการรู้คิด: ระดับความเหนื่อยล้าของการรู้คิด (Mental fatigue visual analog scale; Mental VAS)	1	1	1
3. การประเมินตัวแปรการวัดเชิงวัตถุวิสัย (Objective measurements)			

- ระดับการรู้คิดจากการทดสอบการรู้คิด ได้แก่ ความแม่นยำ (Accuracy) และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time) ประเมินก่อนและหลังการกระตุ้นให้เกิดความเหนื่อยล้าของการรู้คิด โดยใช้การทดสอบ Psychomotor Vigilance Task, Visual Search Task, Mental Rotation Task, Time wall Task, N-Back, Tower of London test	1	1	1
- ภาระงาน วัดด้วยความผันแปรอัตราหัวใจเต้น (Heart rate variability) วัดทั้งหมด 19 ครั้ง ตลอดการทดสอบ	1	1	1
- การส่งพลังงานของสมอง (Brain energy supply) ความเร็วของเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดสมอง (Cerebral blood flow)	1	1	1
- ระดับความอึดตัวของสมอง	1	1	1
- ระดับน้ำตาลและระดับกรดแลคเตทปลายนิ้ว	1	1	1
4. การประเมินข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดสอบความเหนื่อยล้าของการรู้คิด			
- ประเมินระดับความเครียดด้วยแบบวัดความเครียดสวนปรุง (STSP-20)	1	1	1
- ประเมินภาวะวิตกกังวลด้วยแบบคัดกรองปัญหาอาการวิตกกังวลและอาการซึมเศร้า (Hospital Anxiety and Depression Scale)	1	1	1
- ประเมินคุณภาพการนอนหลับจากแบบทดสอบคุณภาพการนอนหลับของพิตส์เบิร์ก (Pittsburgh Sleep Quality Index)	1	1	1
- ประเมินระดับอารมณ์ด้วย บรูเนล	1	1	1
- แบบสอบถาม Morningness	1	1	1

ความตรงเชิงเนื้อหาของการฝึกออกกำลังกายแบบผสมผสาน

1. โปรแกรมการฝึกแบบหนักสลับช่วง	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				
	แพทย์เวช ศาสตร์การ บิณ	trainer	ครูการบิณ	อาจารย์ กายภาพ	อาจารย์ เวช ศาสตร์ การกีฬา
1.1 ช่วงที่ระดับความหนักสูง (90-100% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ได้จากการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 60 วินาที)	1	1	1	1	1
1.2 ช่วงที่ระดับความหนักต่ำ (การยืนหรือนั่ง ย่ำเท้า 60 วินาที)	1	1	1	1	1
1.3 จำนวนรอบ (Cycle) ของการฝึก (10 รอบ)	1	1	0	1	1
1.4 ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	0	1	1
1.5 ระยะเวลารวมของการฝึก (12 สัปดาห์)	1	1	0	1	1
1.6 ระยะเวลาการฝึกแบบหนักสลับช่วง(19 นาที)	1	1	1	1	1
1.7 ระยะเวลาในการคลายอุ่นร่างกาย (5 นาที)	1	1	-1	1	1
1.8 การเพิ่มความหนัก (Progression) ใน สัปดาห์ที่ 7 (เพิ่มความยากของท่าฝึกให้มี ด้านแรงโน้มถ่วงหรือการใช้กล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น)	1	1	1	0	1
1.9 ท่าและรูปแบบ (3 รูปแบบ) ของการฝึก ที่มีความแตกต่างในแต่ละวัน (วันจันทร์ วัน พุธ วันศุกร์)	1	1	1	1	1
1.10 ท่าสำหรับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัง การฝึก	1	1	1	1	1
2. โปรแกรมการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต					
2.1 แรงต้านที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก สูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว	1	1	0	1	1

2.2 การจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความดันที่สามารถปิดกั้นการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคล	1	1	0	1	1
2.3 ท่าฝึกแบบมีแรงต้าน (Back squat, Bench press, Deadlift, Bent-over row, Calf raises)	1	1	1	0	1
2.4 จำนวนครั้งในการฝึกแต่ละเซต (4 เซต ต่อท่า ประกอบด้วยจำนวน 30-15-15-15 ครั้งตามลำดับ)	1	1	1	1	1
2.5 จังหวะของการฝึก (1:1 วินาที)	1	1	1	1	1
2.6 ระยะเวลาพัก 30 วินาทีระหว่างเซตและ 60 วินาทีระหว่างท่า	1	1	1	1	1
2.7 ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1	1	1
2.8 ระยะเวลารวมของการฝึก (12 สัปดาห์)	1	1	1	1	1
2.9 ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย (10 นาที)	1	1	1	1	1
2.10 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อคลายอุ่นร่างกาย	1	1	1	1	1
2.11 การเพิ่มความหนัก (Progression) ในสัปดาห์ที่ 7 จากการประเมิน 1RM	1	1	0	1	1
3. โปรแกรมการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว					
3.1 รูปแบบการฝึกการรู้คิดแบบการใช้การ์ด	1	1	1	1	1
3.2 รูปแบบการฝึกการรู้คิดด้วยโปรแกรม Lumosity	1	1	1	0	1
3.3 การฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวแบบ Eye-movement coordination จากการใช้จากเท้าอย่างเดียว การใช้มืออย่างเดียว การใช้เท้าและมือ 1 ข้างทำกิจกรรมและการใช้เท้าและมือ 2 ข้างทำกิจกรรม ตามลำดับ ด้วยการใช้อุปกรณ์ Blazepod และลูกบอลขนาด	1	1	1	1	1
3.4 การฝึกการรู้คิดสลับกับการฝึกความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว	1	1	1	1	1

3.5 การให้ฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึก ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวก่อนการฝึก แบบหนักสลับช่วง	1	1	1	1	1
3.6 ระยะเวลาการฝึก (20 นาที)	1	1	0	1	1
3.7 ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1	1	1
3.8 รูปแบบในการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึก ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวในภาพรวม	1	1	1	1	1
4. การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อ แกนกลางลำตัว					
4.1 การฝึกความมั่นคงของกล้ามเนื้อ แกนกลางลำตัวภายหลังการฝึกแบบมีแรง ต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต	1	1	1	1	1
4.2 ทำการฝึก ระดับที่ 1 ร่วมกับการทำ Static plank ในสัปดาห์ที่ 1	1	1	1	0	1
4.3 การเพิ่มระดับความยากโดยกำหนดให้ ทำระดับ 1 เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ระดับ 2 ในสัปดาห์ที่ 3 – 6 และระดับ 2-3 ใน สัปดาห์ที่ 7-12	1	1	0	1	1
4.4 ระยะเวลาการฝึก (15 นาที)	1	1	1	1	1
4.5 ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1	1	1
4.6 รูปแบบในการฝึกโดยรวม	1	0	1	1	1
5. การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหว ของข้อต่อ					
5.1 การฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหว ของข้อต่อก่อนการฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึก ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว	1	1	1	1	1
5.2 ระยะเวลาการฝึก (10 นาที)	1	1	1	1	1
5.3 ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	0	1	1
6. โปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานใน ภาพรวม					
6.1 ระยะเวลาสุทธิในวันจันทร์ วันพุธและวัน ศุกร์ของการฝึกแบบหนักสลับช่วงและการ ฝึกการรู้คิดร่วมกับการฝึกความสัมพันธ์ใน การเคลื่อนไหวและการฝึกความสามารถใน การเคลื่อนไหวของข้อต่อ (55 นาที)	1	1	0	1	1

6.2 ระยะเวลาสุทธิในวันอังคารและวัน พฤหัสบดีของการฝึกแบบมีแรงต้านร่วมกับ การจำกัดการไหลเวียนโลหิตและการฝึก ความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (59 นาที)	1	1	0	1	1
6.3 รูปแบบในการฝึกแบบผสมผสานโดยรวม	1	1	1	1	1



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาวาอากาศตรีหญิง กนกพร ลีลาเทพินทร์
วัน เดือน ปี เกิด	9 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	- พ.ศ 2560 Master of Science in Advanced Physiotherapy, Department of Health, Professions Manchester Metropolitan University, United Kingdom - พ.ศ. 2554 การจัดการมหาบัณฑิต(การจัดการธุรกิจ) วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล - พ.ศ. 2548 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (กายภาพบำบัด) คณะแพทยศาสตร์ศิริ ราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	1049-53 ถ.พหลโยธิน เขตพญาไท กทม. 10400
รางวัลที่ได้รับ	- พุทธคุณุฑนการศึกษาเฉพาะค่าเล่าเรียนประเภท 60/40 ระหว่างปี การศึกษา 2563-2564 - พุทธวิจัย 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - พุทธวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา