

การเปรียบเทียบผลการตอบสนองทันทีของระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่าง
การออกกำลังกายแบบช่วงความหนักสลับเบาและแบบต่อเนื่อง
ความหนักปานกลางในผู้หญิงอ้วน
**Comparisons of Acute Cardiovascular Response
Between High Intensity Interval Exercise and Moderate Intensity
Continuous Exercise in Obese Females**

ดวงฤดี สุวิวัฒน์ศิริกุล, วท.ม., Duangrudee Suwiwattanasirikul, M.Sc.^{1*}

สุกัญญา กริอินทอง, วท.ม., Sukanya Kreeinthong, M.Sc.¹

สุภาพร หมื่อแล, กภ.บ., Suphaporn Muelae, B.PT.²

วรพจน์ มีพีชน์, กภ.บ., Worapoj Meepuetch, B.PT.³

โสมนัส พวงจิตร, กภ.บ., Sommanut Phuangchit, B.PT.⁴

¹อาจารย์คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์

¹Lecturer, Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Sathorn, Bangkok

²นักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลเซนต์หลุยส์

²Physical therapist, Saint Louis College, Sathorn, Bangkok

³นักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลกรุงเทพจันทบุรี

³Physical therapist, Bangkok Hospital Chanthaburi

⁴นักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลพังงา

⁴Physical therapist, Phangnga Hospital

*Corresponding Author e mail: duangrudee@slc.ac.th

Received: October 9, 2021

Revised: December 2, 2021

Accepted: December 20, 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองทันทีของระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่างการออกกำลังกายแบบช่วงความหนักสลับเบา (HIIE) และแบบต่อเนื่องความหนักปานกลาง (MICE) ในผู้หญิงอ้วนจำนวน 15 คน ด้วยวิธีการทดลองแบบสุ่มโดยมีการไขว้กลุ่ม โดยอาสาสมัครจับฉลากสุ่มลำดับของการออกกำลังกาย 2 ชนิด ได้แก่ HIIE และ MICE และได้รับการประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และคลายตัว (DBP) และระดับความเหนื่อย (RPE) ทั้งก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกายทันที

หลังออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 ตามลำดับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ two-way repeated measures ANOVA ผลการศึกษาพบว่า HR ของ HIIE ภายหลังออกกำลังกายทันที และหลังออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45, และ 60 มีการเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่ม MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และพบว่า RPE ของ HIIE ภายหลังการออกกำลังกายทันที มีค่าสูงกว่า MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของ SBP และ DBP ระหว่างการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE นอกจากนี้ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าภายหลังการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบมีแนวโน้มลด HR และ BP กลับเข้าสู่ช่วงก่อนออกกำลังกาย ดังนั้นจึงอาจเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมสุขภาพในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน

คำสำคัญ: โรคอ้วน การออกกำลังกายแบบช่วงความหนักสลับเบา การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องความหนักปานกลาง

Abstract

This study aims to compare the acute cardiovascular responses between high intensity interval exercise (HIIE) and moderate intensity continuous exercise (MICE) in 15 obese females. A randomized cross-over study was conducted. The participants were randomly assigned to receive 2 types of exercise comprising of (1) HIIE and (2) MICE. Heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and rating of perceived exertion (RPE) were evaluated before and immediately after exercises as well as after exercise at 15, 30, 45 and 60 minutes. The two-way repeated measures ANOVA was employed to analyze the data. This study found that HR immediately after exercise and after exercise at 15, 30, 45 and 60 minutes of HIIE was significantly increased than that of the MICE. HIIE demonstrated a significantly higher RPE immediately after exercise than did the MICE. However, there was no significant difference in SBP and DBP when compared between groups. Moreover, both HIIE and MICE trended to reduce HR and BP similarly to prior exercise. Therefore, HIIE and MICE may be used as an alternative treatment for health promotion in obese females.

Keywords: obesity, high intensity interval exercise, moderate intensity continuous exercise

บทนำ

โรคอ้วน คือภาวะที่ร่างกายสะสมไขมันมากกว่าปกติ จากการได้รับพลังงานเกินกว่าที่ร่างกายต้องการ ทำให้เกิดการสะสมของไขมันตามอวัยวะต่าง ๆ มีผลทำให้น้ำหนักตัวเกินเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับประเทศไทย พบผู้ที่มีโรคอ้วนร้อยละ 34.7 ของประชากรไทย

(กระทรวงสาธารณสุข, 2559) ซึ่งมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพทางกายและทางจิต ปัจจุบันพบว่าโรคอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น ๆ ตามมา โดยเฉพาะโรคทางระบบหัวใจ และหลอดเลือด เช่น ไขมันในเลือดสูง

ความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Jiang, Lu, Zong, Ruan, & Liu, 2016)

การออกกำลังกายเป็นวิธีช่วยให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น (Castro, Peinado, Benito, Galindo, González-Gross, Cupeiro, & PRONAF Study Group., 2017) ผลของการออกกำลังกายสามารถช่วยป้องกันและลดความรุนแรงของโรคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นร่วมกับภาวะอ้วน (Hopps, & Caimi, 2011) โดยการออกกำลังกายที่นิยมในปัจจุบันมี 2 รูปแบบได้แก่ การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับปานกลาง (moderate intensity continuous exercise; MICE) ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ใช้พลังงานแบบแอโรบิกที่มีความหนักคงที่ตลอดเวลาของการออกกำลังกาย ซึ่งมีความหนักร้อยละ 40 - 59 ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (heart rate reserve; HRR) หรือร้อยละ 64 - 76 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate; HRmax) และการออกกำลังกายอีกรูปแบบคือการออกกำลังกายแบบแบ่งช่วงที่มีระดับความหนักสลับเบา (high intensity interval exercise; HIIE) ซึ่งมีลักษณะของการแบ่งความหนักในการออกกำลังกายออกเป็นช่วงๆ โดยมีช่วงออกกำลังกายระดับความหนักตั้งแต่ร้อยละ 60 ของ HRR หรือร้อยละ 77 ของ HRmax ขึ้นไป (American college of sport medicine, 2018) เป็นเวลา 30 วินาที ถึง 4 นาที และมีช่วงพัก ปัจจุบันพบว่า HIIE เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีความท้าทาย น่าสนใจและสามารถเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายได้เช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบ MICE นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบ HIIE พบว่ามีความเหมาะสมในผู้ที่มีภาวะอ้วน โดยภายหลังการออกกำลังกายมีค่า SBP และ DBP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับขณะพัก (Bonsu, & Terblanche, 2016)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการออกกำลังกายรูปแบบ HIIE และ MICE ต่อ

การเผาผลาญและการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะอ้วน การศึกษาของ Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M. (2013). ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในเพศชายที่มีภาวะอ้วน พบว่าการออกกำลังกายทั้งแบบ HIIE และ MICE สามารถเพิ่มการเผาผลาญไขมันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าหลังออกกำลังกายแบบ HIIE มีปริมาณแลคเตทในเลือดและระดับความเหนื่อย ลดลงมากกว่ากลุ่ม MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M., 2013) การศึกษาของ Baekkerud, Solberg, Leinan, Wisløff, Karlsen, and Rognmo, (2016). ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในเพศชายและหญิงที่มีภาวะอ้วน พบว่าหลังฝึกออกกำลังกายแบบ HIIE ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายแบบ MICE (Bækkerud, 2016) การศึกษาของ Morales-Palomo ปีค.ศ. 2017 ศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกายด้วย HIIE และ MICE ในเพศชายและหญิงที่มีภาวะอ้วนร่วมกับ metabolic syndrome ที่มีและไม่มีภาวะความดันโลหิตสูง โดยทำการเปรียบเทียบผล HR SBP และ DBP ก่อนและหลังการออกกำลังกาย พบว่าเฉพาะการออกกำลังกายแบบ HIIE ในกลุ่มที่มีภาวะความดันโลหิตสูง จะมีค่า SBP และ DBP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย และพบว่าภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE ในกลุ่มที่ไม่มีภาวะความดันโลหิตสูง มีค่า SBP ลดลงมากกว่าการออกกำลังกายแบบ MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Morales-Palomo, Ramirez-Jimenez, Ortega, Pallares, & Mora-Rodriguez, 2017)

จากผลการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE พบว่า

การออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบมีผลต่อการตอบสนองต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งแต่ละการศึกษามีระยะเวลา และตัวแปรที่ต้องการศึกษาแตกต่างกัน ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบผลทันทีของการออกกำลังกายระหว่าง HIIE และ MICE ในผู้หญิงสุขภาพดีที่มีภาวะอ้วน ที่มีการติดตามผลหลังการออกกำลังกายทันที หลังการออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE และเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE หลังการออกกำลังกายทันที หลังการออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 ต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและหลอดเลือดในผู้หญิงสุขภาพดีที่มีภาวะอ้วน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่ม โดยมีการไขว้กลุ่ม (randomized cross over design) โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือนักศึกษาคณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ จำนวน 94 คน กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาคณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ เพศหญิงจำนวน 15 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าคืออายุระหว่าง 18 - 36 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย 25.00 - 39.99 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (WHO, 2000) เส้นรอบเอวมากกว่า 80 เซนติเมตร อัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกมากกว่า 0.8 ไม่เคยได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อต่อ เช่น สะโพก เข่า เท้า และกระดูกสันหลังในระยะเวลา 6 เดือน ไม่มีไข้ ไม่มีแผลเปิดในบริเวณแขนและขา

ในระยะเวลา 1 สัปดาห์ก่อนเข้าร่วมวิจัย และไม่ได้รับยาที่มีผลต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งนี้หากพบว่าอาสาสมัครมีการออกกำลังกายก่อนเข้าร่วมวิจัย 7 วัน หรือสัมผัสพบว่ามีการบาดเจ็บที่บริเวณขา ซึ่งส่งผลให้เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย หรือตอบแบบคัดกรองว่าอยู่ในช่วงมีประจำเดือน ตั้งครรภ์ หรือมีโรคประจำตัว ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หอบหืด และไขมันในเลือดสูง จะถูกคัดออกจากการศึกษา

2. การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ตลอดจนความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บข้อมูลให้อาสาสมัครทราบ อาสาสมัครที่ยินยอมเข้าร่วมการศึกษานี้ลงนามในเอกสารยินยอม โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ (เลขที่โครงการ E.044/2561)

3. ตัวแปรและเครื่องมือ

ตัวแปรและเครื่องมือที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP) โดยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ OMRON รุ่น HEM-7221 อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) โดยสายคาดอกวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar รุ่น FT4 และระดับความเหนื่อย (RPE) โดยแบบสอบถาม Borg's scale ที่มีค่าระดับความเหนื่อยตั้งแต่ 6 ถึง 20

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

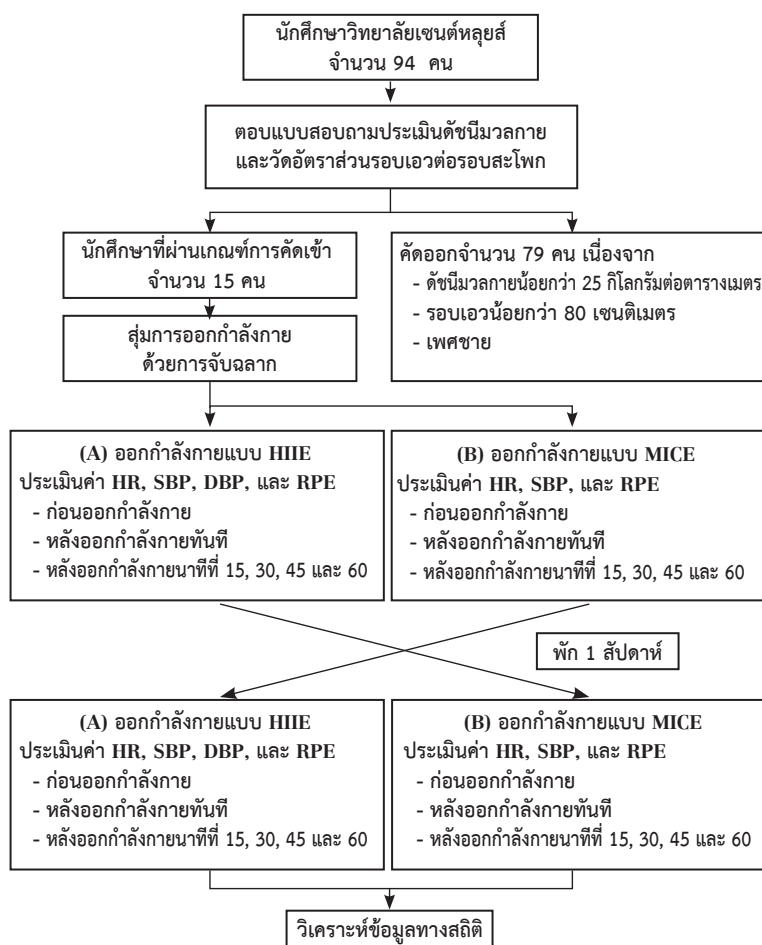
การออกกำลังกายแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ HIIE และ MICE โดยอาสาสมัครจะถูกสุ่มลำดับวิธีการออกกำลังกายด้วยวิธีจับสลาก ซึ่งอาจเป็น (1) HIIE-MICE หรือ (2) MICE-HIIE และจะมีการพักระหว่างวิธีการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ รวมระยะเวลาในการเก็บข้อมูลของอาสาสมัครแต่ละรายเป็นระยะเวลา 2 วัน ในช่วงระยะเวลา 3 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดสอบ

การออกกำลังกายอาสาสมัครจะได้รับการตรวจประเมินได้แก่ ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดรอบเอวและรอบสะโพก วัดค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับความเหนื่อย จากนั้นอาสาสมัครจะมีการอบอุ่นร่างกายก่อนเริ่มออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก ร้อยละ 40 ของ HRmax เป็นเวลา 5 นาที และเริ่มทำการออกกำลังกายดังนี้

4.1 HIIE ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักร้อยละ 77-95 ของ HRmax เป็นระยะเวลา 60 วินาที และช่วงพักที่มีความหนักร้อยละ 57-63 ของ HRmax เป็นระยะเวลา 60 วินาที ทำทั้งหมด 10 รอบ โดยใช้เวลารวม 20 นาที (Little et al., 2011)

4.2 MICE ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนักร้อยละ 64-76 ของ HRmax โดยใช้เวลารวม 20 นาที

ภายหลังออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบ อาสาสมัครจะมีการทำให้ร่างกายเย็นลงต่อเป็นเวลา 5 นาที ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ความหนัก ร้อยละ 40 ของ HRmax หลังเสร็จสิ้นการออกกำลังกายผู้วิจัยจะมีการประเมินตัวแปรที่ศึกษาทันที และทุก ๆ 15 นาที จนถึงนาทีที่ 60 จากนั้นให้อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม พักและงดการออกกำลังกายเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เมื่อครบ 1 สัปดาห์ให้อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มสลับรูปแบบการออกกำลังกาย (ดังแผนภาพที่ 1)



5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS version 19 โดยใช้ descriptive statistics ในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร ใช้ Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล และใช้ two-way repeated measures ANOVA เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และทดสอบความแตกต่างรายคู่ (Post Hoc comparisons)

ด้วยวิธี Bonferroni โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาคั้งนี้เป็นเพศหญิง จำนวน 15 คน มีอายุระหว่าง 18 - 36 ปี ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร แสดงในตารางที่ 1 โดยการศึกษาครั้งนี้ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ภายหลังการออกกำลังกายของอาสาสมัคร (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร

ข้อมูลพื้นฐาน	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD)
อายุ (ปี)	20.73 $\pm$ 2.05
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	74.32 $\pm$ 8.96
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	160.53 $\pm$ 4.87
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	28.89 $\pm$ 3.10
เส้นรอบเอว (เซนติเมตร)	92.33 $\pm$ 10.23
เส้นรอบสะโพก (เซนติเมตร)	106.67 $\pm$ 6.14
อัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก	0.86 $\pm$ 0.06

ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดของการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE ในแต่ละช่วงเวลา พบการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของ HR ภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

ตารางที่ 2 พบอิทธิพลร่วม (interaction effect) และตารางที่ 3 พบอิทธิพลหลัก (main effect) ระหว่างรูปแบบของการออกกำลังกายและระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ HR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ HR ระหว่างการออกกำลังกาย

แบบ HIIE และ MICE พบว่ากลุ่ม HIIE ภายหลังออกกำลังกายทันที และหลังออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45, และ 60 จะมีการเพิ่มขึ้นของ HR มากกว่ากลุ่ม MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของ HR ภายหลังการออกกำลังกายทันที กับขณะพักภายในกลุ่ม HIIE และ MICE ผลพบว่าทั้งกลุ่ม HIIE และ MICE จะมีการเพิ่มขึ้นของ HR มากกว่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE พบว่าภายหลังออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 มีการเพิ่มขึ้นของ HR มากกว่าขณะพัก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบ HR ภายหลังการออกกำลังกายทันทีกับหลังการออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 ทั้งกลุ่ม MICE และ HIIE พบว่าหลังการออกกำลังกายทันทีจะมีค่า HR มากกว่าหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE พบว่าหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 30 จะมีค่า HR มากกว่าหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 45 และ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเปลี่ยนแปลงของ SBP ภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

ตารางที่ 2 ไม่พบ interaction effect ระหว่างรูปแบบของการออกกำลังกายและระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ SBP แต่ตารางที่ 4 พบ main effect ของรูปแบบการออกกำลังกายและระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ SBP โดยพบว่าภายหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 จะมีค่า SBP ต่ำกว่าขณะพักและหลังออกกำลังกายทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE พบว่าภายหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 45 จะมีค่า SBP ต่ำกว่าหลังออกกำลังกายในนาที่ที่ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของ SBP ระหว่างการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

3. การเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิต DBP ภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

ตารางที่ 2 ไม่พบ interaction effect ระหว่างรูปแบบของการออกกำลังกายและระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ DBP แต่ตารางที่ 4 พบ main effect ของระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ DBP โดยพบว่าภายหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30 และ 45 จะมีค่า DBP ต่ำกว่าขณะพักและ

หลังออกกำลังกายทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE ภายหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30 และ 45 จะมีค่า DBP ต่ำกว่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE ในนาที่ที่ 15 จะมีค่า DBP ต่ำกว่าภายหลังการออกกำลังกายทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE ต่อการเปลี่ยนแปลงของ DBP

4. การเปลี่ยนแปลงของ RPE ภายหลังการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE

ตารางที่ 2 พบ interaction effect ระหว่างรูปแบบของการออกกำลังกายและระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของ RPE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ RPE ระหว่างการออกกำลังกายแบบ HIIE และ MICE พบว่ากลุ่ม HIIE ภายหลังออกกำลังกายทันทีจะมีการเพิ่มขึ้นของ RPE มากกว่ากลุ่ม MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของ RPE ภายหลังการออกกำลังกายทันทีกับขณะพักภายในกลุ่ม HIIE และ MICE ผลพบว่าทั้งกลุ่ม HIIE และ MICE ภายหลังการออกกำลังกายทันที จะมีการเพิ่มขึ้นของ RPE มากกว่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE พบว่าภายหลังออกกำลังกายนาที่ที่ 15 มีการเพิ่มขึ้นของ RPE มากกว่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบ RPE ภายหลังการออกกำลังกายทันทีกับหลังการออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 ทั้งในกลุ่ม HIIE และ MICE พบว่าหลังการออกกำลังกายทันที จะมีค่า RPE มากกว่าหลังการออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ในกลุ่ม HIIE พบว่าหลังการออกกำลังกาย

ในนาที่ที่ 15 จะมีค่า RPE มากกว่าหลังการออกกำลังกาย
ในนาที่ที่ 30, 45 และ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure;
DBP, diastolic blood pressure; RPE, rating of
perceive exertion
* ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ภายในกลุ่ม ระหว่างขณะพัก และ หลังออกกำลังกาย
ในทุกช่วงเวลา (p < 0.05)
ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ภายในกลุ่ม ระหว่างหลังออกกำลังกายทันที และ
หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 15, 30, 45 และ 60 (p < 0.05)
|| ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม
ระหว่างหลังออกกำลังกายนาที่ที่ 15 และหลัง
ออกกำลังกายนาที่ที่ 30, 45 และ 60 (p < 0.05)
μ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่ม
ระหว่างหลังออกกำลังกายนาที่ที่ 30 และ
หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 45 และ 60 (p < 0.05)
α ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ระหว่างกลุ่ม HIIE และ MICE หลังออกกำลังกายทันที
(p < 0.05)
β ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง
กลุ่ม HIIE และ MICE หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 15
(p < 0.05)
γ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง
กลุ่ม HIIE และ MICE หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 30
(p < 0.05)
δ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง
กลุ่ม HIIE และ MICE หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 45
(p < 0.05)
ε ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง
กลุ่ม HIIE และ MICE หลังออกกำลังกายนาที่ที่ 60
(p < 0.05) (ดังตารางที่2)

ตารางที่ 2 interaction effect ระหว่างการออกกำลังกายแบบ high intensity interval exercise และ moderate intensity continuous exercise และระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตัวแปร/ กลุ่ม	ช่วงเวลา						Interaction effect	
	ขณะพัก	หลังออก กำลังกาย ทันที	หลังออก กำลังกาย นาที่ที่ 15	หลังออก กำลังกาย นาที่ที่ 30	หลังออก กำลังกาย นาที่ที่ 45	หลังออก กำลังกาย นาที่ที่ 60	F _(5,140)	p-Value
HR								
HIIE	88.00 (13.01)	131.20 (17.67)*	104.53 (10.57)*, #	99.40 (8.59)*, #	93.00 (9.06)*, #, , μ	92.53 (7.58)*, #, , μ	4.88	0.0001
MICE	89.07 (7.04)	113.67 (16.03)*, α	89.87 (8.34)*, β	85.13 (7.45)*, γ	83.87 (7.60)*, δ	82.13 (7.68)*, ε		
SBP								
HIIE	108.53 (13.56)	113.40 (7.38)	99.00 (8.08)*, #	97.47 (9.15)*, #	94.47 (8.66)*, #,	97.53 (9.58)*, #	0.804	0.548

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ตัวแปร/ กลุ่ม	ช่วงเวลา						Interaction effect	
	ขณะพัก	หลังออก กำลังกาย ทันที	หลังออก กำลังกาย นาทีที่ 15	หลังออก กำลังกาย นาทีที่ 30	หลังออก กำลังกาย นาทีที่ 45	หลังออก กำลังกาย นาทีที่ 60	F _(5,140)	p-Value
MICE	106.47 (7.80)	111.40 (10.60)	98.80 (10.22)*.#	97.13 (12.17)*.#	96.93 (8.60)*.#	98.00 (11.14)*.#		
DBP								
HIIE	75.73 (12.76)	73.60 (14.00)	66.53 (9.11)*.#	68.60 (8.85)*	66.33 (9.03)*	70.67 (9.68)	1.603	0.163
MICE	71.93 (8.71)	74.47 (9.04)	69.60 (9.39)	69.07 (9.90)	68.27 (8.55)	70.33 (10.31)		
RPE								
HIIE	6.27 (0.77)	14.87 (1.63)*	8.67 (3.00)*.#	6.93 (2.21)*.	6.47 (1.75)*.	6.33 (1.25)*.	7.03	0.0001
MICE	6.27 (1.00)	11.27 (3.32)*. ^a	7.33 (2.09) [#]	6.33 (1.25) [#]	6.27 (1.00) [#]	6.27 (1.00) [#]		

All data are expressed as the means (SD).

HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; RPE, rating of perceive exertion; HIIE, high intensity interval exercise; MICE, moderate intensity continuous exercise

^aความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่ม HIIE และ MICE ($p < 0.05$) (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบ main effect ของรูปแบบการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตัวแปร	Group effect			
	HIIE	MICE	F _(1,28)	p-Value
HR	101.44 (18.43) ^a	90.62 (14.32)	13.40	0.001
SBP	101.73 (11.58)	101.46 (11.35)	0.008	0.931
DBP	71.36 (15.39)	70.61 (9.31)	0.013	0.911
RPE	8.26 (3.61)	7.29 (2.57)	3.47	0.073

All data are expressed as the means (SD).

HR, heart rate; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; RPE, rating of perceive exertion; HIIE, high intensity interval exercise; MICE, moderate intensity continuous exercise

หลังออกกำลังกายทันทีและหลังออกกำลังกายนาที่ 15, 30, 45 และ 60 ($p < 0.05$)

* ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังออกกำลังกายนาที่ 15 และหลังออกกำลังกายนาที่ 30, 45 และ 60 ($p < 0.05$)

† ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังออกกำลังกายทุกช่วงเวลา ($p < 0.05$)

‡ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างนาที่ 45 และ 60 ($p < 0.05$) (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบ main effect ของระยะเวลาภายหลังการออกกำลังกายในช่วงต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตัวแปร	Time effect						F _(5,140)	p-Value
	ขณะพัก	หลังออกกำลังกายทันที	หลังออกกำลังกายนาที่ 15	หลังออกกำลังกายนาที่ 30	หลังออกกำลังกายนาที่ 45	หลังออกกำลังกายนาที่ 60		
HR	88.53 (10.47)	122.43 (19.01)*	97.20 (12.02)*,†	92.27 (10.75)*,‡	88.43 (9.53)*,‡,	87.33 (9.23)*,‡,	81.43	0.0001
SBP	107.5 (10.92)	112.4 (9.03)	98.9 (9.05)*,†	97.3 (10.58)*,†	95.7 (8.57)*,‡,	97.77 (10.21)*,†	51.154	0.0001
DBP	73.83 (10.91)	74.03 (11.59)	68.07 (9.22)*,†	68.83 (9.23)*,†	67.3 (8.69)*,†	70.5 (9.83)	9.786	0.0001
RPE	6.27 (0.89)	13.07 (3.17)*	8.00 (2.67)*,†	6.63 (1.82)*,‡	6.37 (1.43)*,‡,	6.30 (1.13)*,‡,	105.50	0.0001

All data are expressed as the means (SD).

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของ HIIE และ MICE ต่อการตอบสนองทันทีของระบบหัวใจและหลอดเลือดในผู้หญิงสุขภาพดีที่มีภาวะอ้วน โดยประเมินตัวแปรหลังจาก cool down เสร็จสิ้น เนื่องจากในช่วง cool down นั้นถือเป็นช่วงหนึ่งของการออกกำลังกาย ในขณะที่ cool down ร่างกายยังคงมีการเคลื่อนไหวอยู่

แต่ผู้วิจัยต้องการศึกษาผลการตอบสนองภายหลังการออกกำลังกาย ทั้งนี้อ้างอิงจาก การศึกษาของ Little ปี ค.ศ. 2011 และ Morales-Palomo ปี ค.ศ. 2017 ที่ออกแบบงานวิจัยให้มีการออกกำลังกาย 3 ช่วง คือ warm up exercise และ cool down ประกอบกับการมีช่วง cool down จะทำให้ลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บ

ภายหลังการออกกำลังกาย พบว่า HIIE ส่งผลต่อ HR มากกว่า MICE ทั้งภายหลังออกกำลังกายทันที และหลังออกกำลังกายในนาทิตั้งที่ 15, 30, 45, และ 60 นอกจากนี้พบว่าภายหลังออกกำลังกายทันที HIIE ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ RPE มากกว่า MICE และการเปรียบเทียบผลก่อนและหลัง HIIE และ MICE พบว่าภายหลังการออกกำลังกาย HIIE และ MICE มีผลต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น จากการเพิ่มขึ้นของค่า HR SBP DBP และ RPE ภายหลังการออกกำลังกายทันที และการตอบสนองดังกล่าวจะค่อย ๆ ลดลงภายหลังหยุดออกกำลังกายจนกระทั่งเข้าสู่ระยะฟื้นตัวหรือระยะพัก

HIIE ส่งผลต่อ HR มากกว่า MICE ทั้งภายหลังออกกำลังกายทันที และหลังการออกกำลังกายในช่วงต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการตอบสนองของ HR ภายหลังออกกำลังกาย โดยจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าภายหลังการออกกำลังกายที่ระดับเบา (ร้อยละ 30 ของ VO_{2peak}) ในนาทิตั้งที่ 35 - 90 ค่า HR จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ในทางกลับกันหากออกกำลังกายที่ระดับหนัก (ร้อยละ 80 ของ VO_{2peak}) พบว่าค่า HR จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังออกกำลังกายในนาทิตั้งที่ 5 - 60 เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (Forjaz, Matsudaira, Rodrigues, Nunes, & Negrão, 1998) ซึ่งระดับความหนักของ HIIE ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 77 - 95 ของ HRmax เป็นระยะเวลา 60 วินาที และช่วงพักที่มีความหนักร้อยละ 57 - 63 ของ HRmax อาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ HR มากกว่า MICE นอกจากนี้ยังพบว่าการออกกำลังกายที่ระดับหนักมีผลทำให้ความดันในหลอดเลือดเพิ่มขึ้น (MacDonald, 2002) ประกอบกับอุณหภูมิภายในร่างกายที่สูงขึ้น ทำให้เพิ่มการสูญเสียสารน้ำในร่างกายรวมถึงลดปริมาตร

เลือดที่จะกลับไปยังหัวใจ (Romero, Minson, & Halliwill, 2017) จึงส่งผลให้ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบออกแต่ละครั้งลดลง ร่างกายจึงตอบสนองแบบชดเชยทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ HR (Halliwill, Buck, Lacewell, & Romero, 2013) จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงอาจเป็นเหตุผลที่ HIIE มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ HR ภายหลังการออกกำลังกายทันทีได้มากกว่า MICE และมีผลต่อระยะฟื้นตัวที่ต้องใช้เวลานานกว่า MICE จนกระทั่ง HR ลดลงจนกลับเข้าสู่ระยะพัก

นอกจากนี้จากผลที่พบว่า HR มีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหรือความหนักของการออกกำลังกายทั้ง HIIE และ MICE และจะค่อย ๆ ลดลงภายหลังการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัย โดยการเปลี่ยนแปลงของ HR ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตที่พบว่า HR มีการเพิ่มขึ้น ภายหลังการออกกำลังกายทันทีทั้ง HIIE และ MICE เมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย (Morales-Palomo, Ramirez-Jimenez, Ortega, Pallares, & Mora-Rodriguez, 2017) ทั้งนี้จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย HR จะเพิ่มขึ้นหลังออกกำลังกายทันทีและจะค่อย ๆ ลดลง ภายหลังการออกกำลังกายจนกระทั่งเข้าสู่ภาวะพัก ซึ่งการลดลงของ HR ใช้เวลาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความหนักของการออกกำลังกาย สำหรับการออกกำลังกายในระดับเบาถึงปานกลาง จะใช้เวลาฟื้นตัวประมาณ 1 ชั่วโมง (Dimpa, 2009)

จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของ SBP และ DBP เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง HIIE และ MICE ผลการศึกษาดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาในอดีต (Morales-Palomo, Ramirez-Jimenez, Ortega, Pallares, & Mora-Rodriguez, 2017) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลทันทีของการออกกำลังกายระหว่าง HIIE และ MICE ต่อการเปลี่ยนแปลงของ HR และ BP ในผู้ที่มีภาวะอ้วนร่วมกับ metabolic syndrome พบว่า

ภายหลังการออกกำลังกายหนักที่ 45 HIIE มีผลต่อการลดลงของค่า SBP และ DBP มากกว่า MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกาย อาจส่งผลทำให้การตอบสนองทางสรีรวิทยาของหัวใจและหลอดเลือดมีความแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาในอดีตกำหนด HIIE มีระดับความหนักร้อยละ 90 ของ HRpeak เป็นระยะเวลา 4 นาที และช่วงพักที่มีความหนักร้อยละ 70 ของ HRpeak เป็นระยะเวลา 3 นาที รวมเวลา 35 นาที และ MICE มีระดับความหนักร้อยละ 60 ของ HRpeak เป็นระยะเวลา 70 นาที ในขณะที่การศึกษาค้างนี้กำหนด HIIE มีระดับความหนักร้อยละ 77 - 95 ของ HRmax เป็นระยะเวลา 60 วินาที และช่วงพักที่มีความหนักร้อยละ 57 - 63 ของ HRmax เป็นระยะเวลา 60 วินาที รวมเวลา 20 นาที และ MICE มีระดับความหนักร้อยละ 64 - 76 ของ HRmax โดยใช้เวลารวม 20 นาที อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า HIIE และ MICE จัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และมีผลต่อการลดลงของค่า SBP และ DBP ด้วยกลไก central mechanism โดยผ่านสารสื่อประสาทได้แก่ substance P และ GABA (Chen, & Bonham, 2010) ซึ่งส่งผลให้เกิด post-exercise baroreflex resetting ทำให้ sympathetic outflow ลดลงหลังออกกำลังกาย (Halliwill, Buck, Lacewell, & Romero, 2013) ร่วมกับกลไกการตอบสนองของระบบหลอดเลือดที่เปลี่ยนแปลงไปขณะและหลังออกกำลังกาย ส่งผลต่อการเกิด post-exercise hypotension (MacDonald, 2002) กล่าวคือระหว่างออกกำลังกายจะมีการทำงานของระบบประสาท sympathetic ที่เป็นสัดส่วนกันตามความหนักของการออกกำลังกาย และพบว่าหลังออกกำลังกายอิทธิพลของ sympathetic จะลดลง ซึ่งมีผลต่อการเกิด post-exercise hypotension ที่เด่นชัดจาก adrenaline ที่มีฤทธิ์ขยายหลอดเลือดของกล้ามเนื้อ (MacDonald, 2002)

นอกจากนี้ยังพบว่า nitric oxide ที่หลั่งจากเยื่อชั้นในของผนังหลอดเลือดมีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกาย (Ruangthai, & Phoemsapthawee, 2019) ส่งผลให้มีการเพิ่มปริมาณเลือดไปยังกล้ามเนื้อดังกล่าว (Plowman, & Smith 2013) ประกอบกับการที่กล้ามเนื้อนั้นมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิด mast cell degranulation จึงมีการหลั่ง histamine และ prostaglandin เพิ่มขึ้น และไปจับกับ receptor ที่บริเวณเยื่อและกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด (Romero, McCord, Ely, Sieck, Buck, Luttrell, & Halliwill, 2017) สารที่กล่าวมาข้างต้นมีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดและส่งผลให้พบผลคงค้างการขยายตัวของผนังหลอดเลือดได้นานขึ้น (Halliwill, Buck, Lacewell, & Romero, 2013) จึงมีผลทำให้เกิด sustained post-exercise vasodilation (MacDonald, 2002)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของ RPE ภายหลัง HIIE และ MICE ในผู้หญิงสุขภาพดีที่มีภาวะอ้วน ผลพบว่าหลังการออกกำลังกายหนักที่แบบ HIIE จะมีค่า RPE สูงกว่า MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตที่พบว่าหลังการออกกำลังกายหนักที่แบบ HIIE จะมีค่า RPE สูงกว่า MICE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Olney, Wertz, LaPorta, Mora, Serbas, & Astorino, 2018) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขณะออกกำลังกายแบบ HIIE จะมีปริมาณความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า MICE ซึ่งปริมาณแลคเตทและ RPE เป็นปัจจัยทางจิตวิทยาที่มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกาย (Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M., 2013) โดยการออกกำลังกายในระดับหนักนั้นจะมีการเพิ่มการสะสมของแลคเตทอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความไม่สมดุลกันระหว่างการสร้างและการกำจัดแลคเตท ในขณะที่การออกกำลังกายในระดับปานกลางจะค่อย ๆ พบ

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ซึ่งมีค่าสัดส่วนของการสร้างและการกำจัดแลคเตทที่สัมพันธ์กัน (Cipryan, Tschakert, & Hofmann, 2017) ปริมาณความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดเป็นการตอบสนองการเผาผลาญพลังงานของร่างกายต่อการออกกำลังกายและมีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นโดยสามารถใช้ค่า RPE เป็นตัวประเมินถึงความสัมพันธ์นี้ได้ (Irving, Rutkowski, Brock, Davis, Barrett, Gaesser, & Weltman, 2006) ดังนั้น HIIE จึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า RPE มากกว่า MICE

ข้อจำกัดของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือการศึกษานี้เฉพาะในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วนที่มีความดันโลหิตปกติ ประกอบกับเป็นการศึกษาผลทันทีของการออกกำลังกาย จึงอาจทำให้ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดภายหลังการออกกำลังกายทั้งแบบ MICE และ HIIE ยังเห็นความแตกต่างที่ไม่ชัดเจน

สรุปและข้อเสนอแนะการวิจัย

HIIE ส่งผลต่อ HR มากกว่า MICE ทั้งภายหลังออกกำลังกายทันที และหลังออกกำลังกายในนาที่ที่ 15, 30, 45, และ 60 และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ RPE ภายหลังการออกกำลังกายทันทีมากกว่า MICE อย่างไรก็ตาม ภายหลังการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัว พบว่าการออกกำลังกายทั้ง 2 ชนิดมีแนวโน้มต่อการลดลงที่ไม่แตกต่างกันของ HR SBP และ DBP กลับเข้าสู่ช่วงก่อนออกกำลังกาย ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสามารถประยุกต์ใช้ HIIE และ MICE ในการส่งเสริมสุขภาพและเป็นทางเลือกหนึ่งในการออกกำลังกายในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน อย่างไรก็ตาม การศึกษาในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมในผู้ที่มีภาวะอ้วนร่วมกับความดันโลหิตสูง และเปรียบเทียบผล HIIE และ MICE ในระยะยาว ซึ่งอาจทำให้ผลการศึกษาที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2559). แผนพัฒนาสุขภาพ ฉบับที่ 12. Retrieved cited 22 April 2021
- Alkahtani, S. A., King, N. A., Hills, A. P., & Byrne, N. M. (2013). Effect of interval training intensity on fat oxidation, blood lactate and the rate of perceived exertion in obese men. *Springerplus*, 2(1), 1-10.
- American college of sport medicine. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams, & Wilkins.
- Baekkerud, F. H., Solberg, F., Leinan, I. M., Wisløff, U., Karlsen, T., & Rognmo, Ø. (2016). Comparison of Three Popular Exercise Modalities on V̇O₂max in Overweight and Obese. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 491-498.
- Bonsu, B., & Terblanche, E. (2016). The training and detraining effect of high-intensity interval training on post-exercise hypotension in young overweight/obese women. *European journal of applied physiology*, 116(1), 77-84.
- Castro, E. A., Peinado, A. B., Benito, P. J., Galindo, M., González-Gross, M., Cupeiro, R., & PRONAF Study Group. (2017). What is the most effective exercise protocol to improve cardiovascular fitness in overweight and obese subjects?. *Journal of sport and health science*, 6(4), 454-461.
- Chen, C. Y., & Bonham, A. C. (2010). Postexercise hypotension: central mechanisms. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(3), 122-127.

- Cipryan, L., Tschakert, G., & Hofmann, P. (2017). Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *Journal of sports science & medicine*, 16(2), 219-229.
- Dimkpa, U. (2009). Post-exercise heart rate recovery: an index of cardiovascular fitness. *Journal of Exercise Physiology online*, 12(1), 10-22.
- Forjaz, C. L. D. M., Matsudaira, Y., Rodrigues, F. B., Nunes, N., & Negrão, C. E. (1998). Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31(10), 1247-1255.
- Halliwill, J. R., Buck, T. M., Laceywell, A. N., & Romero, S. A. (2013). Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise?. *Experimental physiology*, 98(1), 7-18.
- Hopps, E., & Caimi, G. (2011). Exercise in obesity management. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 51(2), 275-282.
- Irving, B. A., Rutkowski, J., Brock, D. W., Davis, C. K., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (2006). Comparison of Borg and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(7), 1348-1352.
- Jiang, S. Z., Lu, W., Zong, X. F., Ruan, H. Y., & Liu, Y. (2016). Obesity and hypertension. *Experimental and therapeutic medicine*, 12(4), 2395-2399.
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., ... & Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology*, 111(6), 1554-1560.
- MacDonald, J. R. (2002). Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. *Journal of human hypertension*, 16(4), 225-236.
- Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., Pallares, J. G., & Mora-Rodriguez, R. (2017). Acute hypotension after high-intensity interval exercise in metabolic syndrome patients. *International journal of sports medicine*, 38(07), 560-567.
- Olney, N., Wertz, T., LaPorta, Z., Mora, A., Serbas, J., & Astorino, T. A. (2018). Comparison of acute physiological and psychological responses between moderate-intensity continuous exercise and three regimes of high-intensity interval training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(8), 2130-2138.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams: Wilkins
- Romero, S. A., McCord, J. L., Ely, M. R., Sieck, D. C., Buck, T. M., Luttrell, M. J., ... & Halliwill, J. R. (2017). Mast cell degranulation and de novo histamine formation contribute to sustained postexercise vasodilation in humans. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 603-610.

- Romero, S. A., Minson, C. T., & Halliwill, J. R. (2017). The cardiovascular system after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 925-932.
- Ruangthai, R., & Phoemsapthawee, J. (2019). Combined exercise training improves blood pressure and antioxidant capacity in elderly individuals with hypertension. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 17(2), 67-76.
- World Health Organization. (2000). The Asia Pacific perspective: Redefining obesity and its treatment. Retrieved from http://www.wpro.who.int/nutrition/documents/Redefining_obesity/en/.

