

CORE

HEALTH & FITNESS



Tel. 02-314-3466

Email : chfthailand@gmail.com

More Information
>>>>

Click

CARDIOVASCULAR RESPONSE TO RESISTANCE EXERCISE AT DIFFERENT LOAD INTENSITIES IN OBESE YOUNG ADULTS

Bhuwanat SRITON and Jatuporn PHOEMSAPTHAWEE*

*Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science, Kasetsart University,
Nakhon Pathom, Thailand 73140*

ABSTRACT

The aim of this study was to assess and compare cardiovascular response to resistance exercise (RE) at different load intensities in normal-weight and obese young adults. Nine normal-weight and 10 obese men aged 20.8 ± 1.4 years were recruited. Subjects underwent leg press exercise with two different loads but the same exercise volume. A crossover model was applied in this study: 1) 16 repetitions at 40% of a one-repetition maximum (1RM) and 2) 8 repetitions at 80% of 1RM. The RE was designed to have 3 sets and 2 one-min rest intervals. Blood pressure (BP), heart rate (HR) and heart rate variability (HRV) were measured before, at the rest intervals and after the RE session. The results showed that the high-load intensity elicited greater HR compared to the low-load intensity in both groups ($p < 0.05$, both). High-frequency (HF) of HRV in the normal-weight group with the high-load intensity decreased significantly compared to the low-load intensity ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in HF between the load intensities in the obese group. In addition, systolic BP (SBP) and mean arterial pressure (MAP) were more elevated in the obese group than the normal-weight group ($p < 0.05$) during the RE with low-load intensity. Percentage of SBP ($p < 0.01$) and MAP ($p < 0.05$) were more elevated in the obese group than the normal-weight group during the RE with high-load intensity as well. In conclusion, the load intensities of RE affected HR in both groups; the higher intensity, the higher HR. Moreover, the obese group presented a more pronounced cardiovascular response compared to the normal-weight group with either low- or high-load intensities during the RE. Our study suggested that the low- to moderate-load intensity of RE might be appropriate for the obese individuals.

(Journal of Sports Science and Technology 2019; 19(2): 46-59)

(Received: 21 May 2019, Revised: 19 September 2019, Accepted: 25 September 2019)

Key words: Blood pressure / Heart rate variability / Obesity / Resistance exercise

*Corresponding author: Jatuporn PHOEMSAPTHAWEE

Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science, Kasetsart University

Nakhon Pathom, Thailand 73140

Tel: +66-034-355258

Fax: +66-034-355258

Email: jatuporn.w@ku.th

การตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่างกันในคนอ้วนวัยผู้ใหญ่ตอนต้น

ภูวนารถ ศรีทน และจุฑพร เพิ่มทรัพย์ทวี*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย 73140

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่างกันในกลุ่มคนน้ำหนักปกติและคนอ้วนวัยผู้ใหญ่ตอนต้น อาสาสมัครเป็นกลุ่มคนน้ำหนักปกติ จำนวน 9 คน และคนอ้วน จำนวน 10 คน อายุเฉลี่ย 20.8 ± 1.4 ปี อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มออกกำลังกายด้วยแรงต้านในท่า leg press ที่ความหนัก 2 ระดับ ประกอบด้วย 1) 16 ครั้ง ที่ความหนักร้อยละ 40 ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด และ 2) 8 ครั้ง ที่ความหนักร้อยละ 80 ของน้ำหนักที่ยกได้สูงสุด โดยควบคุมปริมาณการออกกำลังกายที่เท่ากัน อาสาสมัครออกกำลังกายจำนวน 3 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที ทำการวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะพักก่อนการออกกำลังกาย ขณะออกกำลังกาย และภายหลังการออกกำลังกาย ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นมากกว่าความหนักต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งในกลุ่มคนน้ำหนักปกติและคนอ้วน ค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่สูงในคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงลดลงต่ำกว่าความหนักต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่สูงในคนอ้วนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนักของการออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังพบว่า คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตเฉลี่ยสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำ และคนอ้วนมีร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิก และร้อยละความดันโลหิตเฉลี่ย สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ) ในขณะที่ออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ความหนักของการออกกำลังกายด้วยแรงต้านมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจทั้งในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นคนอ้วนมีการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านมากกว่าคนน้ำหนักปกติทั้งความหนักต่ำและสูง จากผลการวิจัยเสนอแนะว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำถึงปานกลางน่าจะเหมาะสมสำหรับคนอ้วน

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2562; 19(2): 46-59)

คำสำคัญ: ความดันโลหิต / ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ / คนอ้วน / การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังเผชิญปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากรที่มีภาวะอ้วน โดยในปี ค.ศ.2016 มีประชากรที่มีภาวะอ้วนทั่วโลกเพิ่มขึ้นเป็นเกือบ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ.1975 ประชากรทั่วโลกที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป มีภาวะอ้วนมากกว่า 650 ล้านคน หรือประมาณร้อยละ 13 ของประชากรโลก¹ ในประเทศไทย พบว่า ประชากรที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (กก./ตร.ม.) มีประมาณร้อยละ 40 ในเพศหญิงและร้อยละ 30 ในเพศชาย โดยเฉพาะในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น อายุระหว่าง 18-24 ปี พบว่ามีภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่าในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา² ภาวะอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มากกว่าคนที่น้ำหนักปกติประมาณ 1-3 เท่า³ และเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับชนิดอุดกั้น โรคเมะเร็งบางชนิด และโรคข้อเสื่อม^{4,5} ปัจจัยที่ทำให้ประชากรมีภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากวัฒนธรรมในการบริโภคอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป การคมนาคมสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น การมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การใช้พลังงานในแต่ละวันลดลง ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของพลังงาน (energy imbalance) ระหว่างพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคอาหารกับการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกาย เมื่อพลังงานที่ได้รับจากอาหารบริโภคมากกว่าพลังงานที่ถูกใช้ไปก็จะทำให้เกิดการสะสมของไขมันตามเนื้อเยื่อต่างๆ นานไปก็จะทำให้เกิดภาวะอ้วน

ภาวะอ้วนเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ เนื่องจากมีการคั่งของไขมันในเลือดมีผลทำให้ทำให้ปริมาณเลือด (blood volume) และปริมาตรของเลือดก่อนที่จะสูบฉีดออกจากหัวใจ (end-diastolic volume) เพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้หัวใจห้องล่างซ้ายค่อยๆ ขยายตัวและหนาขึ้นจนนำไปสู่การเกิดพยาธิสภาพของผนังหัวใจ ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบโรคหัวใจและหลอดเลือด⁶ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดมากขึ้น นอกจากนี้ภาวะอ้วนยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจ (cardiac autonomic function) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติก (parasympathetic activity) ลดลง และ/หรือการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic activity) เพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดการเสียสมดุลการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมหัวใจ^{7,8} จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 มีความสัมพันธ์กับการลดการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติกของหัวใจ (parasympathetic cardiac activity) ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการทำนายอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดในคนอ้วน⁹ ในทางตรงกันข้ามหากน้ำหนักตัวลดลงร้อยละ 10 จะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติกของหัวใจ¹⁰

การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านมีผลทำให้น้ำหนักตัวและไขมันในร่างกายลดลง ขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในคนอ้วน¹¹ ส่วนผลระยะเฉียบพลันของการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน พบว่าทำให้อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตสูงขึ้นจากปกติ และมีผลทำให้ความดันโลหิตลดลงจากปกติชั่วคราวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน¹² อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่า ในคนอ้วนมีการเสียสมดุลการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติเมื่อเทียบกับคนน้ำหนักปกติ¹³ อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบโรคหัวใจและหลอดเลือดที่ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติและความปลอดภัยขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่างกันของคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติด้วยผู้ใหญ่ตอนต้น เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกายด้วยแรงต้านได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับคนอ้วน โดยผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงส่งผลต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แตกต่างจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำ และ

คนส่วนหนึ่งจะมีการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดแตกต่างกับคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านทั้งความหนักต่ำและสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัคร

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เอกสารเลขที่ COA No. COA61/076 กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 19 คน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้จากสูตรคำนวณ

$$n = \frac{2(Z_{\alpha/2c} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{\Delta^2}$$

โดย n คือจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม σ^2 คือค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย C คือจำนวนคู่ที่ต้องการเปรียบเทียบ Δ คือความต่างของค่าเฉลี่ย Z_{α} คือค่าที่ได้จากตารางแจกแจงมาตรฐาน เมื่อกำหนดค่าให้ $\alpha = 0.05$ มีค่าเท่ากับ 1.96 และ Z_{β} คือค่าที่ได้จากตารางแจกแจงมาตรฐาน เมื่อกำหนดค่าให้ $\beta = 0.10$ มีค่าเท่ากับ 1.28 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากงานวิจัยของ Moreira และคณะในปี ค.ศ.2017¹⁴ โดยศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อปริมาณและความหนักของการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังออกกำลังกายด้วยแรงต้าน ซึ่งมีค่า 67.87 ± 8.15 ครั้งต่อนาที (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และ 118.73 ± 8.77 ครั้งต่อนาที คำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างได้กลุ่มละ 8 คน เพื่อป้องกันการขาดหายของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 รวมเป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน รวมทั้งหมด 20 คน มีอาสาสมัคร 1 คน ในกลุ่มคนน้ำหนักปกติ ขอลถอนตัวเนื่องจากมีอาการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬา ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงมีทั้งหมด 19 คน

อาสาสมัครถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคนอ้วนและกลุ่มคนน้ำหนักปกติที่มีเกณฑ์การคัดเข้าดังนี้ กลุ่มคนอ้วนมีดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก./ตร.ม. และมีร้อยละไขมันในร่างกายมากกว่าร้อยละ 25¹⁵ กลุ่มคนน้ำหนักปกติมีดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 18.5-22.9 กก./ตร.ม. และอาสาสมัครทั้งหมดเป็นผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ หากมีอาการบาดเจ็บที่กระดูกและกล้ามเนื้อที่เป็นอุปสรรคในการออกกำลังกายหรือเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจไหลเวียนโลหิต เช่น ความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้ โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น จะถูกคัดออกจากการศึกษา

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขั้นตอนการคัดกรองอาสาสมัคร

1.1 ประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์และกระบวนการวิจัยให้อาสาสมัครทราบ จากนั้นให้อาสาสมัครทำแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire) สอบถามประวัติการออกกำลังกายและประวัติสุขภาพ

1.2 อาสาสมัครได้รับการวัดสัดส่วน ประกอบด้วย ชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง คำนวณค่าดัชนีมวลกาย วัดรอบเอว รอบสะโพก และหาสัดส่วนของรอบเอวต่อรอบสะโพกและวัดองค์ประกอบของร่างกายโดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Inbody 720, Biospace Inc., Seoul, Korea)

2. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยนำอาสาสมัครให้มาที่ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทำการวัดค่าตัวแปรที่ต้องการศึกษา โดยอาสาสมัครจะถูกขอรับรองให้ด

กิจกรรม ดังนี้ 1) งดกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากอย่างน้อย 1 วัน 2) งดกิจกรรมที่ใช้แรงปานกลางอย่างน้อย 2 ชั่วโมง 3) งดดื่มชา กาแฟ และงดสูบบุหรี่ อย่างน้อย 4 ชั่วโมง และ 4) พักผ่อนอย่างน้อย 7-8 ชั่วโมง

2.2 อาสาสมัครได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (peak oxygen consumption; $\dot{V}O_{2peak}$) ด้วยการวิเคราะห์แก๊สที่ได้จากการหายใจออกโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบพกพา (JAEGER® Oxyconmobile device, CareFusion, Hoechberg, Germany) ทำการทดสอบด้วยจักรยานวัดงานโดยวิธีของวิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (ACSM's guideline for cycle ergometer maximal test)¹⁶ โดยให้อาสาสมัครทำการอบอุ่นร่างกายที่ระดับความหนัก 50 วัตต์เป็นเวลา 2 นาที กำหนดความเร็วรอบในการปั่นที่ 50-55 รอบต่อนาที จากนั้นให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงที่ละ 25 วัตต์ ทุกๆ 2 นาที จนอาสาสมัครไม่สามารถปฏิบัติต่อไปได้ หรือไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ได้ เกณฑ์ในการกำหนดเมื่อถึงค่า $\dot{V}O_{2peak}$ พิจารณาจาก 1) $\dot{V}O_{2peak}$ คงที่อย่างน้อย 30 วินาที 2) อัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 190 ครั้งต่อนาที 3) การรับรู้การออกแรง (rating of perceived exertion; RPE) มากกว่า 17 และ 4) อัตราการแลกเปลี่ยนการหายใจ (respiratory exchange ratio; RER) มากกว่าหรือเท่ากับ 1.15 โดยพิจารณาจาก 2 ใน 4 ข้อ

2.3 อาสาสมัครได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าความหนักในการออกกำลังกายสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (one repetition maximum; 1RM) โดยวิธีการทางอ้อม¹⁷ ในท่า leg press หลังจากทำการทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยขอความร่วมมือจากอาสาสมัครให้เตรียมความพร้อมก่อนมาทดสอบ ดังนี้ 1) พักผ่อนอย่างน้อย 7-8 ชั่วโมง 2) งดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และ 3) รับประทานอาหารก่อนมาทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

2.4 อาสาสมัครถูกนัดมาเพื่อเก็บข้อมูลจำนวน 2 ครั้งหลังจากทำการทดสอบ 1RM เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เมื่ออาสาสมัครมาถึงห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้อาสาสมัครจับฉลากเพื่อเลือกความหนักในการปฏิบัติ (อาสาสมัครออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 40 ของ 1RM จำนวน 16 ครั้ง 3 เซต หรือออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 80 ของ 1RM จำนวน 8 ครั้ง 3 เซต) โดยแต่ละความหนักจะทำการทดสอบห่างกันอย่างน้อย 72 ชั่วโมง

2.5 อาสาสมัครได้รับการตรวจและวิเคราะห์งานของหัวใจ (cardiac function) ด้วยเครื่อง Physioflow® (PhysioFlow, Manatec Biomedical, Paris, France) ใช้เทคนิค transthoracic bioimpedance ทำการติดอิเล็กโทรดทั้งหมด 6 ตำแหน่ง คือที่บริเวณคอ กระดูกซี่โครงหน้าอก กระดูกซี่โครงซี่โครงซี่ที่ 6 และซี่โครงหลัง เพื่อหาค่าปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง (stroke volume; SV) อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (cardiac output; CO) ทำการวัดขณะพัก ขณะออกกำลังกาย และช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน และขณะทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด การตรวจและวิเคราะห์งานของหัวใจด้วยวิธีนี้ได้รับการยอมรับทางคลินิก มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นในการประเมินค่า SV และ CO ขณะพักและขณะออกกำลังกายในคนอ้วน¹⁸

2.6 อาสาสมัครได้รับการตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate variability; HRV) ด้วยเครื่องตรวจและวิเคราะห์ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (eMotion Faros device, Mega Electronics, Kuopio, Finland) ทำการติดอิเล็กโทรดทั้งหมด 3 ตำแหน่งที่บริเวณใต้กระดูกไห

ปลาร้าทั้ง 2 ข้าง และได้กระตุกที่โครงข้างซ้าย เพื่อตรวจและวิเคราะห์หาค่าโดเมนความถี่ (frequency domain) ประกอบด้วย ความถี่ต่ำ (low frequency; LF) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก ความถี่สูง (high frequency; HF) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และอัตราส่วนความถี่ต่ำต่อความถี่สูง (LF/HF ratio) ซึ่งสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติทั้ง 2 ระบบ ทำการวัดขณะพัก ขณะออกกำลังกายและช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน

2.7 อาสาสมัครได้รับการวัดความดันโลหิต ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติ (Suntech Tango M2, SunTech Medical Inc., NC, USA) ทำการวัดความโลหิตที่แขนซ้ายในท่านั่งก่อนเริ่มออกกำลังกาย หลังจากนั้นพักประมาณ 5 นาที วัดความดันโลหิตขณะออกกำลังกาย และช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน

2.8 ก่อนเริ่มออกกำลังกายให้อาสาสมัครอบอุ่นร่างกายโดยใช้น้ำหนัก $\frac{1}{2}$ ของน้ำหนักปฏิบัติด้วยเครื่องฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา (Air250 Leg Press, Keiser corporation, CA, USA) เมื่ออบอุ่นร่างกายเสร็จทำการวัดความดันโลหิต และให้อาสาสมัครนั่งพัก 2 นาที เริ่มทำออกกำลังกายด้วยแรงต้าน (ความหนักต่ำหรือสูง) ทำการวัดงานของหัวใจ ความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะออกกำลังกายและช่วงพักฟื้นหลังออกกำลังกายในนาทีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

3. สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติแบบพรรณนาเพื่อแสดงลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) ใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์การกระจายข้อมูลเป็นโค้งปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test วิเคราะห์ความแตกต่างลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร และค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ Independence t-test ใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่มีความหนักต่ำและความหนักสูงภายในกลุ่มเดียวกันด้วยสถิติ Dependence t-test ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-Way ANOVA) ระหว่างคนอ้วนและคนปกติที่ความหนักเดียวกันในขณะพัก ช่วงพักระหว่างเซต และช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางเมื่อมีการวัดซ้ำ (Two-way repeated measure ANOVA) ของคนปกติและคนอ้วนที่ระดับความหนักความหนักเดียวกันในขณะพัก ช่วงพักระหว่างเซต และช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

คนอ้วนมีส่วนสูง ($p < 0.01$) อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($p < 0.01$) และดัชนีการสูบฉีดเลือดจากหัวใจสูงสุดในหนึ่งนาที ($p < 0.05$) ต่ำกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนัก ($p < 0.01$) ดัชนีมวลกาย ($p < 0.01$) ร้อยละไขมัน ($p < 0.01$) มวลไขมัน ($p < 0.01$) รอบเอว ($p < 0.01$) รอบสะโพก ($p < 0.01$) อัตราส่วนระหว่างรอบเอวต่อรอบสะโพก ($p < 0.01$) และน้ำหนักที่สามารถปฏิบัติได้เพียง 1 ครั้งในท่า leg press ($p < 0.05$) สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะพัก ดัชนีน้ำหนักที่สามารถปฏิบัติได้เพียง 1 ครั้งในท่า leg press อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะออกกำลังกายความหนักสูงสุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

	คนน้ำหนักปกติ (n=9)	คนอ้วน (n =10)	p-value
อายุ (ปี)	20.7 ± 1.3	20.9 ± 1.7	0.765
ส่วนสูง (ซม.)	175.3 ± 7.0	168.4 ± 7.1	0.044 [*]
น้ำหนัก (กก.)	68.1 ± 7.7	92.0 ± 16.9	0.001 ^{**}
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.2 ± 1.4	32.5 ± 5.9	0.000 ^{**}
ร้อยละไขมัน	25.6 ± 6.4	36.5 ± 6.9	0.002 ^{**}
มวลไขมัน (กก.)	17.3 ± 4.4	34.3 ± 11.6	0.000 ^{**}
มวลที่ปราศจากไขมันไขมัน (กก.)	50.8 ± 8.1	57.7 ± 8.1	0.072
รอบเอว (ซม.)	78.0 ± 4.5	101.4 ± 14.8	0.000 ^{**}
รอบสะโพก	94.3 ± 4.2	110.0 ± 8.5	0.000 ^{**}
อัตราส่วนระหว่างรอบเอวต่อรอบสะโพก	0.83 ± 0.0	0.92 ± 0.1	0.002 ^{**}
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	80.9 ± 13.9	79.6 ± 6.9	0.784
ความดันโลหิตซิสโตลิก (มม.ปรอท)	123.5 ± 7.0	125.6 ± 15.2	0.697
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก (มม.ปรอท)	74.8 ± 9.3	76.5 ± 8.6	0.677
ความดันโลหิตเฉลี่ย (มม.ปรอท)	95.7 ± 5.6	98.0 ± 9.8	0.526
อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	33.5 ± 5.3	26.1 ± 6.1	0.009 ^{**}
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	180.0 ± 11.3	181.8 ± 13.6	0.752
ความดันโลหิตซิสโตลิกสูงสุด (มม.ปรอท)	197.2 ± 16.5	182.4 ± 17.5	0.068
ความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงสุด (มม.ปรอท)	92.0 ± 11.8	88.8 ± 14.6	0.596
ความดันโลหิตเฉลี่ยสูงสุด (มม.ปรอท)	127.1 ± 8.4	119.9 ± 10.7	0.111
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีสูงสุด (ลิตร/นาที)	19.2 ± 6.6	16.0 ± 4.0	0.205
ดัชนีการทำงานของหัวใจสูงสุด (ลิตร/นาที/ตร.ม.)	10.7 ± 4.0	7.7 ± 2.0	0.049 [*]
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้งสูงสุด (มล.)	107.5 ± 35.5	100.1 ± 25.6	0.596
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้งสูงสุดต่อพื้นที่ผิว ของร่างกาย (มล./นาที/ตร.ม.)	59.9 ± 21.6	47.6 ± 10.5	0.120
น้ำหนักที่ยกได้สูงสุดในท่า leg press (กก.)	121.5 ± 22.2	160.1 ± 45.1	0.026 [*]
น้ำหนักที่ยกได้สูงสุดในท่า leg press ต่อน้ำหนักตัว (กก.)	1.8 ± 0.2	1.7 ± 0.3	0.740

ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{*} p<0.05, ^{**} p<0.01 เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนน้ำหนักปกติกับคนอ้วน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตอบสนองของระบบไหลเวียนโลหิตขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและสูงในคนน้ำหนักปกติและคนอ้วน

	ร้อยละ 40 น้ำหนักที่ยกได้สูงสุด		ร้อยละ 80 น้ำหนักที่ยกได้สูงสุด	
	คนน้ำหนักปกติ (n=9)	คนอ้วน (n =10)	คนน้ำหนักปกติ (n=9)	คนอ้วน (n =10)
อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้ง/นาที่)	109.4 ± 11.4	111.8 ± 14.5	120.1 ± 16.9 [†]	127.3 ± 18.0 [†]
ร้อยละอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด	49.9 ± 19.8	52.8 ± 10.5	58.6 ± 7.2	61.0 ± 17.1
ค่าเฉลี่ยปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที่ (ลิตร/นาที่)	7.8 ± 1.4	9.0 ± 3.0	8.3 ± 1.1	8.9 ± 3.9
ร้อยละปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีสูงสุด	40.5 ± 22.1	61.1 ± 31.9	47.5 ± 17.6	57.5 ± 25.4
ค่าเฉลี่ยปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง (มล.)	80.6 ± 19.2	94.6 ± 27.0	79.1 ± 9.2	81.0 ± 28.8
ร้อยละปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้งสูงสุด	74.1 ± 46.2	100.1 ± 44.8	80.1 ± 30.7	85.3 ± 31.8
ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิก (มม.ปรอท)	135.9 ± 6.4	145.8 ± 15.2*	138.8 ± 6.0	147.7 ± 19.1
ร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกสูงสุด	62.0 ± 22.6	80.3 ± 8.6*	70.2 ± 5.5	81.0 ± 7.4**
ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิก (มม.ปรอท)	80.9 ± 5.0	85.1 ± 7.7	82.0 ± 7.3	87.6 ± 17.5
ร้อยละความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงสุด (มม.ปรอท)	80.5 ± 29.8	99.2 ± 24.2	91.7 ± 17.8 [†]	101.9 ± 29.7
ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตเฉลี่ย(มม.ปรอท)	104.9 ± 4.5	111.4 ± 10.0*	106.7 ± 6.4	113.5 ± 18.1
ร้อยละความดันเฉลี่ยสูงสุด	74.5 ± 26.6	93.8 ± 14.6*	84.4 ± 9.1	95.1 ± 16.6*
ความถี่สูง (มิลลิวินาที ²)	5.1 ± 0.9	4.3 ± 2.3	4.4 ± 1.3 [†]	3.7 ± 2.1
ความถี่สูง (nu)	9.5 ± 5.8	9.6 ± 10.5	7.1 ± 7.2 [†]	10.8 ± 16.1
ความถี่ต่ำ (มิลลิวินาที ²)	5.7 ± 0.7	5.2 ± 1.3	5.1 ± 1.0	4.7 ± 1.6
ความถี่ต่ำ (nu)	17.4 ± 10.0	13.8 ± 10.0	11.7 ± 7.2	15.0 ± 9.5
อัตราส่วนความถี่ต่ำต่อความถี่สูง	2.0 ± 0.9	6.9 ± 14.2	2.8 ± 1.9	4.9 ± 4.9

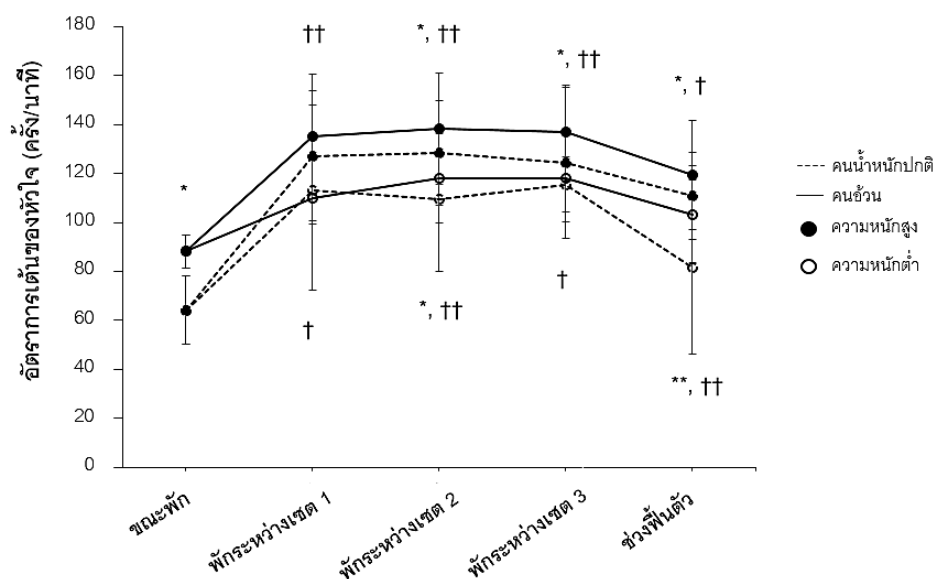
ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* $p<0.05$, ** $p<0.01$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนน้ำหนักปกติกับคนอ้วนที่ความหนักเดียวกัน

[†] $p<0.05$ เปรียบเทียบระหว่างความหนักต่ำและสูงในกลุ่มเดียวกัน

จากตารางที่ 2 พบว่าขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงในคนน้ำหนักปกติมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย และร้อยละความดันโลหิตไดแอสโตลิกเพิ่มขึ้นสูงกว่าความหนักต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงในคนน้ำหนักปกติมีความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจค่าความถี่สูง (high frequency) ลดลงต่ำกว่าความหนักต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงในคนอ้วนมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าความหนักต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและสูงในคนน้ำหนักปกติและคนอ้วน

คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย ร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตเฉลี่ยและร้อยละความดันโลหิตขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำเพิ่มขึ้นสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง คนอ้วนมีค่าร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกและร้อยละความดันโลหิตเพิ่มขึ้นสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ)



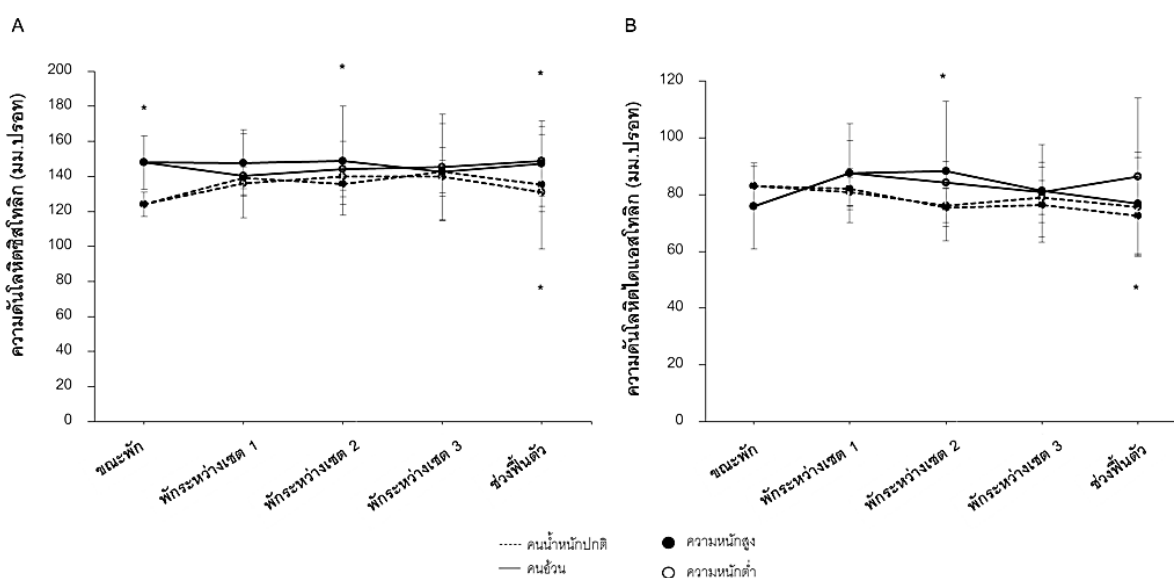
รูปที่ 1 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ช่วงพักระหว่างเซต และช่วงฟื้นตัวหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนน้ำหนักปกติกับคนอ้วนที่ความหนักเดียวกัน

† $p < 0.05$, †† $p < 0.01$ เปรียบเทียบระหว่างความหนักต่ำและสูงในกลุ่มเดียวกัน

จากรูปที่ 1 พบว่า ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น สูงกว่าความหนักต่ำทั้งในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ) และช่วงฟื้นตัวหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าความหนักต่ำทั้งในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ)

คนอ้วนมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง ($p < 0.05$) และความหนักต่ำ ($p < 0.01$) สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงพัก ระหว่างเซตที่ 2 และ 3 ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักในคนอ้วนมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงพักระหว่างเซตที่ 2 สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 2 (A) ความดันโลหิตซิสโตลิก และ (B) ความดันโลหิตไดแอสโตลิกขณะพัก ช่วงพักเซต และช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน

* $p < 0.05$ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนน้ำหนักปกติกับคนอ้วนที่ความหนักเดียวกัน

จากรูปที่ 2 พบว่า คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกขณะพักสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกในช่วงพักระหว่างเซตที่ 2 สูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำ คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงกว่าคนน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของความหนักของการออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่อการตอบสนองของระบบระบบหัวใจและหลอดเลือด

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่างกัน พบว่า การออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีผลทำให้อัตราการเต้น

ของหัวใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าความหนักต่ำทั้งในคนน้ำหนักปกติและคนอ้วน อาจเนื่องมาจากขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงมีผลให้ออกซิเจนในกล้ามเนื้อลดลง สาเหตุมาจากการสะสมของเมตาโบไลต์ (metabolite) เกิดการกระตุ้นตัวรับรู้ทางเคมี (chemoreceptors) จึงส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้น¹⁹ แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที ทั้งในขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและสูงในคนน้ำหนักปกติและคนอ้วน เนื่องจากอาจเป็นเรื่องของอายุที่ยังน้อยทำให้พยาธิสภาพของหัวใจยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงยังไม่เห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ พบว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีค่าร้อยละความดันโลหิตไดแอสโตลิกเพิ่มขึ้นสูงกว่าความหนักต่ำ ซึ่งจากการศึกษานี้พบเฉพาะในคนน้ำหนักปกติ อย่างไรก็ตาม พบว่า ในคนอ้วนขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและความหนักสูงมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย 145.8 และ 147.7 มิลลิเมตรปรอท ค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก 85.1 และ 87.7 มิลลิเมตรปรอท และมีค่าความโลหิตเฉลี่ย 111.4 และ 113.5 มิลลิเมตรปรอท (ตามลำดับ) ซึ่งทั้งค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ยและค่าความโลหิตเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นสูงตั้งแต่ออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและยังคงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนักขึ้น

การออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่สูง (HF) ลดลงต่ำกว่าความหนักต่ำ แสดงให้เห็นถึงการลดการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติก เนื่องจากขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีผลทำให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานเพิ่มมากขึ้น จึงมีผลทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก และยับยั้งการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติก เนื่องจากการกระตุ้นตัวรับรู้ทางเคมีและตัวรับรู้เชิงกล (mechanoreceptors) ของกล้ามเนื้อและข้อต่อที่เพิ่มมากขึ้น¹⁹ ซึ่งเป็นการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกาย อย่างไรก็ตามผลการวิจัยในครั้งนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติดังกล่าวในคนอ้วน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเสียสมดุลการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในคนอ้วนซึ่งอาจพบได้ทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย^{7,8} จึงทำให้การตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านแตกต่างไปจากคนน้ำหนักปกติ

ผลของภาวะอ้วนต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและสูง

จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่างกันระหว่างคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ พบว่า คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย ร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตเฉลี่ย ร้อยละความดันโลหิตสูงกว่าคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าคนอ้วนมีค่าร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกเพิ่มขึ้นสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง และค่าความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกของคนอ้วนสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ ในช่วงพักระหว่างเซตที่ 2 ขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง จากการศึกษาพยาธิสรีรวิทยาในคนอ้วนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด พบว่า หัวใจห้องล่างซ้ายค่อยๆ ขยายตัวและหนามากยิ่งขึ้น จนนำไปสู่การเกิดพยาธิสภาพของผนังหัวใจ ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือดได้⁶ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดมากขึ้น จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ยังพบการเปลี่ยนแปลงร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกของคนอ้วนเพิ่มขึ้นมากขณะการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำและความหนักสูง โดยค่าความดันโลหิตซิสโตลิกสูงขึ้นถึงร้อยละ 80.3 และ 81 ของความดันโลหิตซิสโตลิกสูงสุด และความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงขึ้นถึงร้อยละ 99.2 และ 101.9 ของความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงสุด (ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อระบบ

ไหลเวียนโลหิตได้ แม้ว่าวิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์การกีฬาอเมริกันได้กำหนดข้อบ่งชี้เมื่อมีความดันโลหิตซิสโตลิกสูงกว่า 250 มิลลิเมตรปรอท และความดันโลหิตไดแอสโตลิกสูงกว่า 115 มิลลิเมตรปรอท ขณะออกกำลังกาย ควรยุติการออกกำลังกายในครั้งนั้น เนื่องจากอาจเกิดอันตรายต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดได้²⁰ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในคนอ้วนระดับ 2 ที่มีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 30 กก./ตร.ม. ขึ้นไป การออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูงมีผลต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดมากกว่าคนน้ำหนักปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นจากค่าร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายที่ความหนักสูงสุด

จากผลการวิจัยครั้งนี้จึงเสนอแนะว่า ความหนักที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกายด้วยแรงต้านในคนอ้วนระดับ 2 หรือมีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 30 กก./ตร.ม. ขึ้นไป และไม่ได้มีออกกำลังกายเป็นประจำ ควรแนะนำให้ออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากมีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยมากกว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง ซึ่งการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่ความหนักต่ำถึงปานกลางอาจช่วยลดการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดได้มากกว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง¹⁴ ในช่วงฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง ความดันโลหิตซิสโตลิกของคนอ้วนสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ และภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำ ความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกของคนอ้วนสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในคนอ้วนมีการลดลงของเลือดที่ไหลกลับเข้าสู่หัวใจ (preload) และไนโตรกลีเซอริน (nitroglycerin) ที่ชักนำการขยายตัวของหลอดเลือดหลังถูกปิดกั้นการไหลเวียน (flow mediated dilation) ลดลงเมื่อเทียบกับคนน้ำหนักปกติ ภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน โดยมีงานวิจัยสนับสนุนผลการศึกษาในครั้งนี้รายงานว่า ไนโตรกลีเซอรินที่ชักนำการขยายตัวของหลอดเลือดภายหลังจากออกกำลังกายด้วยแรงต้านมีความสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น²¹

สรุปผล

ความหนักของการออกกำลังกายด้วยแรงต้านมีผลต่อการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจในคนอ้วนและคนน้ำหนักปกติ และค่าร้อยละความดันโลหิตไดแอสโตลิกเพิ่มสูงขึ้น ค่าความผันแปรของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่สูงสุดลดลงซึ่งพบเฉพาะในคนน้ำหนักปกติ อาจเป็นผลมาจากในคนอ้วนมีการเสียสมดุลการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมหัวใจจึงทำให้การตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านแตกต่างไปจากคนน้ำหนักปกติ นอกจากนี้คนอ้วนมีการตอบสนองของระบบไหลเวียนโลหิตมากกว่าคนน้ำหนักปกติขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้าน โดยขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำ คนอ้วนมีค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย ร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตเฉลี่ย ร้อยละความดันเลือดแดงเพิ่มขึ้นสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ และขณะออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง คนอ้วนมีร้อยละความดันโลหิตซิสโตลิกสูงกว่าคนน้ำหนักปกติ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่า คนอ้วนระดับ 2 หรือมีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 30 กก./ตร.ม. ขึ้นไป และไม่ได้มีออกกำลังกายเป็นประจำ ควรออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากมีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตที่อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยมากกว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านความหนักสูง

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization [Internet]. Obesity and Overweight [update 2018 Feb 16; cited 2019 Mar 1]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Aekplakorn W, Mo-Suwan L. Prevalence of obesity in Thailand. *Obes Rev* 2009;10:589-92.
3. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, Ard JD, Comuzzie AG, Donato KA, et al.; American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; Obesity Society. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *J Am Coll Cardiol* 2014;63(25 Pt B):2985-3023.
4. Sharma AM. Obesity and cardiovascular risk. *Growth Horm IGF Res* 2003;13:10-7.
5. Haslam DW, James WP. Obesity. *Lancet* 2005;366(9492):1197-209.
6. Artham SM, Lavie CJ, Patel HM, Ventura HO. Impact of obesity on the risk of heart failure and its prognosis. *J Cardiometab Syndr* 2008;3(3):155-61.
7. Laederach-Hofmann K, Mussgay L, Ruddel H. Autonomic cardiovascular regulation in obesity. *J Endocrinol* 2000;164(1):59-66.
8. Pramodh V, Kumar MP, Prasad BA. Heart rate variability in overweight individuals. *JDMS* 2014;13(5):41-5.
9. Hirsch J, Leibel RL, Mackintosh R, Aguirre A. Heart rate variability as a measure of autonomic function during weight change in humans. *Am J Physiol* 1991;261(6Pt2):1418-23.
10. Poirier P, Hernandez TL, Weil KM, Shepard TJ, Eckel RH. Impact of diet-induced weight loss on the cardiac autonomic nervous system in severe obesity. *Obes Res* 2003;11(9):1040-7.
11. Willis LH, Slentz CA, Bateman LA, Shields AT, Piner LW, Bales CW, et al. Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *J Appl Physiol* 2012;113(12):1831-7.
12. Neto VG, Figueiredo T, Simões, AD, Bezerra MG, Barguti ST, Bentes CM, et al. Influence of load intensity on blood pressure after a resistance training session. *Apunts Med Esport* 2017;52(193):23-8.
13. Phoemsapthawee J, Ladawan S, Settasatian N, Leelayuwat N. Effects of plasma lipids and abdominal obesity on heart rate variability in Thai overweight dyslipidemic individuals at Khon Kaen, Northeast Thailand. *JMAT* 2017;100:1174-83.
14. Moreira OC, Oliveira CEP, Matos DG, Silva SF, Hickner RC, Aidar FJ. Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 2017. [cited 2019 Mar 10]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754617300278>

15. Deurenberg P, Yap M, van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta analysis among different ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998;22(12):1164-71.
16. Maud PJ, Foster C. *Physiological assessment of human fitness*. Second ed. Illinois: Human Kinetics; 2006.
17. Haff GG, Triplett NT. *Essentials of strength training and conditioning*. Fourth ed. Illinois: Human Kinetics; 2016.
18. Vella CA, Paul DR, Bader J. Cardiac response to exercise in normal-weight and obese, Hispanic men and women: implications for exercise prescription. *Acta Physiol* 2012;205(1):113-23.
19. Ichinose M, Watanabe K, Fujii N, Kondo N, Nishiyasu T. Muscle metaboreflex activation speeds the recovery of arterial blood pressure following acute hypotension in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2013;304(11):H1568-75.
20. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Ninth ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
21. Franklin NC, Ali M, Goslawski M, Wang E, Phillips SA. Reduced vasodilator function following acute resistance exercise in obese women. *Front Physiol* 2014;5:253.