

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต ในผู้ที่มีสุขภาพดี

วิลาวัณย์ ไชยอูต, อาทิตย์ พวงมะลิ, ภัทรพร สิทธิเลิศพิศาล

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหายใจ และไหลเวียนโลหิต ในผู้ที่มีสุขภาพดีจำนวน 40 คนเพศชาย 8 คน เพศหญิง 32 คนอายุเฉลี่ย 21.35 ± 1.93 ปี ซึ่งถูกทำการสุ่มแบบชั้นภูมิ (โดยปัจจัย อายุ เพศ และระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน คือกลุ่มทดลองออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและกลุ่มควบคุม ออกกำลังกายแบบแอโรบิคอย่างเดียว ทั้งสองกลุ่มออกกำลังกาย เป็นเวลา 30 นาที และถูกวัดค่าของ อัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2), อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ในขณะออกกำลังกายตามโปรแกรมและค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า (P_{lmax}) ทั้งก่อนและหลังการฝึกฝน 8 สัปดาห์ (ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์) ผลของการฝึกออกกำลังกายก่อนและหลังการฝึก และระหว่างกลุ่ม วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Mixed model 2-way repeated-measures ANOVA โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการฝึกฝน 8 สัปดาห์การตอบสนองของ VO_2 และ P_{lmax} ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มออกกำลังกายร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มี HR ขณะออกกำลังกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การศึกษานี้สรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตมากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้แนะนำเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตในผู้ที่มีสุขภาพดีได้

(Journal of Sports Science and Technology 2014;14(2): 91 -103)

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบแอโรบิค, การออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว, อัตราการเต้นของหัวใจ, ค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า, อัตราการใช้ออกซิเจน

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE WITH CORE MUSCLE TRAINING ON CARDIOPULMONARY SYSTEM IN HEALTHY INDIVIDUALS

Wilawan CHAIUT, Aatit PAUNGMALI, Patraporn SITILERTPISAN

Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University,
50200, THAILAND

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects of aerobic exercise with core muscle training on cardiopulmonary system in healthy individuals. Forty healthy volunteers (8 male and 32 female) aged 21.35 ± 1.93 years were recruited. Factors of age, gender and level of lumbopelvic stability were used in stratified randomization. They were randomly divided into aerobic exercise with core training group ($n=20$) and control group ($n=20$). Both groups performed exercise program for 30 minutes. Oxygen consumption (VO_2), heart rate during exercise program (HR) and maximum inspiratory pressure (PImax) were measured before and after the 8 weeks exercise training (trained 3 times/wk). Data was statistically analyzed by Mixed model 2-way repeated-measures ANOVA using SPSS program version 17.0 with p-value of 0.05. The results showed that the effect of aerobic exercise with core muscle training on VO_2 and PImax under the experimental group had a significant increase after training 8 weeks ($p<0.05$) and significantly greater than the control group ($p<0.05$). However, HR during exercise in the experimental group had a significant decrease ($p<0.05$). This study demonstrated that the aerobic exercise with core muscle training had a significant improvement in cardiopulmonary system greater than the aerobic exercise alone. This finding could guide for application in exercise program for improving the cardiopulmonary in healthy individuals.

(Journal of Sports Science and Technology 2014;14(2): 91 -103)

KEYWORDS: aerobic exercise, core muscle exercise, heart rate, maximum inspiratory pressure, oxygen consumption

บทนำ

การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพเป็นที่สนใจอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการออกกำลังกายที่ต่อเนื่องแบบแอโรบิก ช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ได้ดีขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจต่ำลงเพิ่มปริมาตรอากาศภายในปอดและการขนส่งออกซิเจนเป็นต้น⁽¹⁾ นอกจากนี้ยังช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกายและรักษาโรคบางชนิดได้เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจและปอด หรือแม้แต่อาการปวดหลัง^(2, 3) ในปัจจุบันมีรูปแบบการออกกำลังกายที่หลากหลายขึ้น เช่นการเดินแอโรบิก โยคะ การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคงกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเป็นต้น ซึ่งการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในปัจจุบันมีความนิยมกันมากขึ้นทั้งในการฝึกฝนในนักกีฬาและบุคคลทั่วไปที่ต้องการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความมั่นคงของแกนกลาง (core stability) เนื่องจากเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวร่างกายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ⁽⁴⁾ และป้องกันการบาดเจ็บต่อกระดูกสันหลัง^(5, 7) โดยการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับการสร้างความมั่นคงให้แก่ระบบแกนกลางของร่างกาย โดยเน้นการควบคุมการเคลื่อนไหว (control movement)^(4, 5) ซึ่งต้องมีการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อในส่วนชั้นลึก และกล้ามเนื้อชั้นตื้น โดยกล้ามเนื้อชั้นตื้นจะให้ความมั่นคงในการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของลำตัวได้แก่กล้ามเนื้อ rectus abdominis (RA), paraspinals และ external obliques ส่วนกล้ามเนื้อชั้นลึกให้ความมั่นคงในแต่ละส่วนของกระดูกสันหลัง (segmental stability) ขณะที่เคลื่อนไหว และควบคุมการทรงท่าได้แก่กล้ามเนื้อ transversus abdominis (TrA) และ multifidus⁽⁶⁾ ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาในผู้ที่มีความมั่นคงของกระดูกสันหลัง พบว่าทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อบริเวณหลังส่วนล่างได้ง่าย⁽⁵⁾ นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ที่ปวดหลังจะมีการทำงานของ TrA ลดลง และมีการทำงานทดแทนจาก RA ซึ่งทำให้ลดประสิทธิภาพความมั่นคงแกนกลาง การออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวจะมุ่งเน้นให้ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อชั้นลึกโดยลดการทำงานทดแทนจากกล้ามเนื้อชั้นตื้น ซึ่งพบว่าการแขม่วท้องส่วนล่างหลังการหายใจออก (abdominal drawing in maneuver: ADIM) สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁽⁴⁾

Critchley และคณะ⁽⁴⁾ รายงานการฝึก ADIM ในอาสาสมัคร 36 คน ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวกับการออกกำลังกายทั่วไปเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และใช้ ultrasound image ประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายร่วมกับ ADIM จะมีการทำงานของกล้ามเนื้อ TrA ก่อนการหดตัวของกล้ามเนื้อ oblique internal abdominis และมีการทำงานที่เร็วกว่าและมีความหนาของชั้นกล้ามเนื้อที่หนากว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวจะช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ TrA มากขึ้นได้ซึ่งการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวมุ่งเน้นการมีการประสานสัมพันธ์ (coordination) ระหว่างกล้ามเนื้อท้อง กับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ⁽⁷⁾ เนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้องมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงดันในช่องท้อง และการยกตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม จึงมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจต้องมีการทำงานเพิ่มขึ้น เพื่อให้กระดูกสันหลังมีความมั่นคงได้ดี โดยเฉพาะในการทำงานแบบที่ต้องการใช้ออกซิเจน (aerobic activity) เป็นระยะเวลานานต่อเนื่อง จึงต้องให้ความสำคัญกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจด้วย เพื่อให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพสูงสุด⁽⁸⁾

การศึกษาที่ผ่านมา⁽⁹⁾ พบว่าประโยชน์จากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวนั้นมีหลายด้านโดยเฉพาะทางด้านระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่ช่วยทั้งด้านความแข็งแรง ความทนทาน และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้การออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวยังมีการประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อท้องและกะบังลม ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของการทำงานของหัวใจ แต่ยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาผลการตอบสนองทางด้านระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต

ในการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ดังนั้นจึงสนใจทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เพื่อจะทำให้เข้าใจกลไกการตอบสนองทางระบบสรีรวิทยา ของระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิตต่อการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้มากยิ่งขึ้นและมีประโยชน์ในการจัดรูปแบบการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อการใช้ออกซิเจนของร่างกายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20-30 ปี

วิธีการศึกษา

อาสาสมัคร

ผู้เข้าร่วมการศึกษาประกอบด้วยอาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิงอายุระหว่าง 20-30 ปี ไม่มีโรคประจำตัว อาสาสมัครในการศึกษานี้มีจำนวนมาจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้านี้⁽¹⁰⁾ ซึ่งทำการศึกษา $VO_2\max$ ในกลุ่มอาสาสมัครที่เป็นนักเรียนกีฬาจำนวน 30 คนคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1 สำหรับประมาณขนาดกลุ่มอาสาสมัคร โดยกำหนด Power เท่ากับ 0.95, alpha level เท่ากับ 0.05 ใช้ตัวแปรหลักคืออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\max$) พบว่าควรมีจำนวนทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 22 คนในแต่ละกลุ่ม (effect size = 1.009) และเพื่อเป็นการชดเชยภาวะ drop out ผู้วิจัยจึงเพิ่มอาสาสมัครอีก 10% (3 คน) รวมเป็น 25 คนในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นจึงต้องมีอาสาสมัครรวมทั้งหมด 50 คน โดยอาสาสมัครได้รับการสุ่มแยกออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 25 คน โดยการจับฉลากในซองปิดผนึกเพื่อสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ(stratified randomization) โดยใช้ปัจจัยของอายุ, เพศ และ ระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน (lumbopelvic stability test: LPST) ซึ่งกลุ่มแรกได้รับการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกการใช้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ส่วนกลุ่มที่สองได้รับการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียวส่วนเกณฑ์การคัดออกมีดังนี้ 1) ออกกำลังกายมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์นานติดต่อกัน 3 เดือน 2) มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจและหลอดเลือด, ความดันโลหิตสูง, เบาหวาน, โรคกระดูกและข้อ, โรคปอดและหอบหืด โดยอยู่ในขั้นร้ายแรงหรือไม่ได้รับการที่เป็นข้อห้ามของการออกกำลังกาย⁽¹¹⁾ 3) ดัชนีมวลกาย (body mass index: BMI) มากกว่า 23 kg/m^2 โดยมีเกณฑ์การให้ยุติการเข้าร่วมการศึกษาดังนี้ 1) อาสาสมัครมีเวลาเข้าร่วมตามโปรแกรมการรักษาได้ไม่ถึงร้อยละ 80 และ 2) อาสาสมัครสามารถถอนตัวจากการศึกษาด้วยความสมัครใจได้ตลอดเวลา

การศึกษานี้ได้ผ่านการเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ของคณะเทคนิคการแพทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามเอกสารเลขที่ ๐๒๔E/๕๖ และอาสาสมัครทุกคนได้รับคำชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการทำวิจัย พร้อมทั้งเซ็นติบายนยอมเพื่อเข้าร่วมงานวิจัย

เครื่องมือและวิธีการทดสอบ

แบบสอบถาม ประกอบด้วย (1) แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป เช่น อายุ โรคประจำตัว การออกกำลังกาย การสูบบุหรี่และการดื่มแอลกอฮอล์ อาการปวดของโครงร่างกระดูกและกล้ามเนื้ออื่น ๆ

เครื่องมือ

- 1) เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (MedGraphic® รุ่น Ultima PFX®, UK) และอุปกรณ์ Pneumotach (MedGraphics® รุ่น preVent™, UK)^(12, 13) สำหรับวัดค่า VO_2 ในขณะที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกทุกๆนาที่ เป็นเวลา 30 นาที โดยอาสาสมัครถูกสวมอุปกรณ์และหายใจเข้าออกทางปากเท่านั้น เพื่อให้เครื่องสามารถวิเคราะห์แก๊สได้ถูกต้อง⁽¹⁴⁾
- 2) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจอัตโนมัติ (Polar® รุ่น FT4, Finland) ใช้เพื่อการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ออกกำลังกาย
- 3) เครื่องป้อนกลับแรงดัน (Pressure Biofeedback Unit: PBU) เป็นเครื่องการทดสอบระดับ LPST ใช้วิธี modified isometric stability test (Modified IST)⁽⁶⁾ ซึ่งมีทั้งหมด 7 ระดับ (เรียงจากง่ายไปยาก) โดยจะวาง PBU บริเวณหลัง โดยขอบล่างของ PBU อยู่ที่ระดับ L_5-S_1 ในท่าที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบนอนหงายชันเข่ามุงอ 70 องศาและปรับแรงดันไว้ที่ 40 mmHg การทดสอบแต่ละระดับต้องมีการทำ ADIM ร่วมกับการเคลื่อนไหวของขาตามระดับความยากง่ายและผู้เข้าร่วมการทดสอบต้องคงความดันไว้ที่ 40 ± 4 mmHg โดยไม่มีการเคลื่อนไหวทดแทนอันได้แก่ กลั้นหายใจ ยกไหล่ขึ้นจากพื้น ก้มหรือแอ่นคอ กระดุกเชิงกรานหมุนไปด้านหลัง หน้าท้องยื่น กระดุกสันหลังแอ่น ในการทดสอบ LPST แต่ละระดับ จะทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง หากผู้ถูกทดสอบสามารถคงความดันไว้ที่ 40 ± 4 mmHg ได้ถือว่าผ่านการทดสอบในระดับนั้น ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบพัก 5 นาที ก่อนการทดสอบในระดับต่อไป บันทึกระดับ LPST สูงสุดที่ผู้ถูกทดสอบสามารถทำได้⁽⁹⁾
- 4) เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ Respiratory Pressure Monitor (MicroRPM, Netherlands) เป็นเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจขณะพัก (maximal inspiratory mouth pressures: PImax) โดยการดูดอากาศผ่านเครื่อง spirovis ซึ่งจะต้องหายใจออกให้สุด จากนั้นหายใจเข้าทางปากอย่างแรงและเร็วที่สุดโดยทำ 5 ครั้ง จากนั้นนำค่าสูงสุด 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าแรงดันสูงสุดที่สามารถทำได้ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้⁽¹³⁾

ขั้นตอนการทดสอบ (procedure)

ตอนที่ 1 จัดทำรูปภาพ และวิธีดีทัศน์สำหรับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกประกอบเพลง ซึ่งโปรแกรมประกอบด้วยระยะอบอุ่นร่างกายใช้เวลาประมาณ 7 นาทีโดยเริ่มจากการเคลื่อนไหวแขน ขา และการยืดกล้ามเนื้อ แขน ขา และลำตัว ระยะออกกำลังกายใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งเป็นการออกกำลังกายเคลื่อนไหวแขน ขา ในท่านอนหงายท่าคลาน ออกกำลังกายบนลูกบอล และทำยืน และระยะผ่อนคลายใช้เวลาประมาณ 8 นาที โดยการหายใจและการยืดกล้ามเนื้อเพื่อผ่อนคลาย หลังจากนั้นนำวิธีดีทัศน์การออกกำลังกายแบบแอโรบิก 30 นาทีต่อเนื่องให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและนำไปทดลองใช้ก่อนในอาสาสมัครประมาณ 5 คน เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

ตอนที่ 2 ติดต่อผู้เข้าร่วมการทดสอบ ทำการซักประวัติ กรอกแบบสอบถาม และกรอกใบยินยอมเข้าร่วมการทดสอบ ก่อนหน้าวันที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลจริงอย่างน้อย 1 วัน ผู้เข้าร่วมการทดสอบจะได้รับการซักซ้อมถึงวิธีการวัด และขั้นตอนการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะได้ทำการอธิบายวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบทราบ และทำการจับฉลากเพื่อสุ่มเงื่อนไขของการศึกษา (กลุ่มการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลาง และ กลุ่มควบคุม) ทำการประเมินตัวแปรพื้นฐานได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง และ LPST เป็นต้น และให้ฝึกการออกกำลังกายก่อนการทดสอบจริงโดยดูจากวิธีดีทัศน์

ตอนที่ 3 ขั้นตอนการทดสอบ และออกกำลังกายตามโปรแกรม

-ก่อนการทดสอบ ให้ผู้ถูกทดสอบ นิ่งพักเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ โดยการใช้เครื่อง MicroRPM เพื่อบันทึกค่า PImax จำนวน 5 ครั้ง แล้วนำค่าสูงสุด 3 ครั้งไปหาค่าเฉลี่ย

-ขั้นตอนทดสอบ ควบคุมห้องที่ออกกำลังกายไว้ที่อุณหภูมิ 25°C

1) ผู้ถูกทดสอบใส่อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการใช้ออกซิเจน โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส และสวมใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ (Polar)

2) การทดสอบทั้ง 2 กลุ่มได้รับการวัด VO_2 และ HR ในขณะที่ออกกำลังกาย 30 นาที โดยการดูภาพจากวิดีโอซึ่งเป็นการทดสอบตัวแปรต่างๆ ในขณะที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิคจากวิดีโอที่คนประกอบเพลงที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น

2.1) กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกการใช้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ได้รับการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคโดยร่วมกับการใช้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (ADIM) ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับเพียงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว เป็นเวลา 30 นาที และทำการบันทึกค่า VO_2 และ HR ทุกๆ 1 นาทีแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงของการออกกำลังกาย

2.2) กลุ่มควบคุมได้รับเพียงโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว เป็นเวลา 30 นาที และทำการบันทึกค่า VO_2 และ HR ทุกๆ 1 นาทีแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงของการออกกำลังกาย

จากนั้นอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการฝึกออกกำลังกายตามเงื่อนไข โดยออกกำลังกายตามวิดีโอที่คนประกอบเพลงจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มได้รับการทดสอบ เหมือนดังข้างต้นอีกครั้งเพื่อเป็นการประเมินผลหลังการฝึก และวัด LPST ซึ่งการวัด LPST เป็นการวัดเพื่อดูผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test ในการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล และใช้สถิติ Independent t-test วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย) ระหว่างกลุ่ม และ LPST ระหว่างกลุ่มโดยใช้ Mann-Whitney U test หลังจากนั้นใช้ วิเคราะห์การตอบสนองของระบบหายใจและการไหลเวียนโลหิตก่อน และหลังการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (time effect) ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม (between group effect) โดยใช้ mixed model 2 way repeated-measures ANOVA โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป (SPSS) รุ่น 17.0 (SN 5068035) ในการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมด และตั้งระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

ในการศึกษานี้มีอาสาสมัคร 50 คน แต่มีอาสาสมัครที่ไม่สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้ครบ 8 สัปดาห์ กลุ่มละ 5 คน จึงทำให้เหลืออาสาสมัครที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพศชาย 8 คน เพศหญิง 32 คน รวมทั้งสิ้น 40 คน ซึ่งตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติไม่พบความแตกต่างของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย และ LPST ระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการทดสอบ

ข้อมูล	กลุ่มออกกำลังกายร่วมกับ ADIM (mean±SD)	กลุ่มควบคุม (mean±SD)	p-value
จำนวนผู้เข้าร่วมการทดสอบ (คน)	20 (ชาย = 4 , หญิง = 16)	20 (ชาย = 4 , หญิง = 16)	-
อายุ (ปี)	21.35±1.93	21.35±1.93	1.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	53.83±4.31	53.88±4.38	0.97
ส่วนสูง (เมตร)	1.63±0.06	1.62±0.06	0.88
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	20.24±0.99	20.34±0.94	0.77
ค่ามัธยฐานของระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน ^a	2 (2,2.75)	2(2,2)	0.25

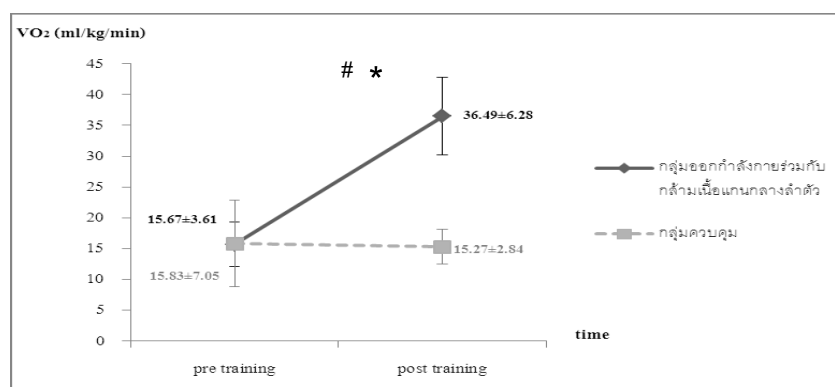
^a แสดงค่ามัธยฐานและควอไทล์ที่1,ควอไทล์ที่3 (M(Q1,Q3))

การตอบสนองของระบบหายใจและการไหลเวียนโลหิต

การศึกษาการตอบสนองของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกาย (peakVO₂) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกาย (peakHR) และค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า (Pimax) ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ดังแสดงกราฟที่ 1-3

อัตราการใช้ออกซิเจน

การตอบสนองอัตราการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.002$) หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.004$) ดังแสดงในกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 แสดงอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในขณะออกกำลังกายเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย

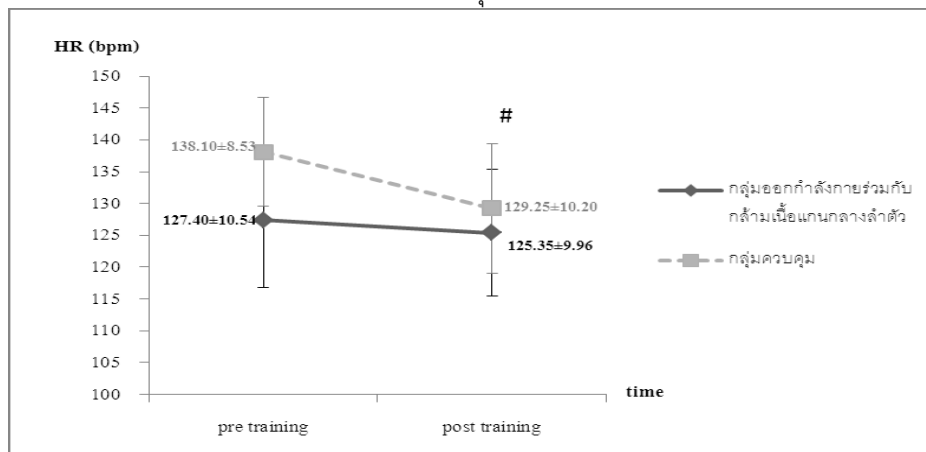
8 สัปดาห์และระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม

แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.002$) ระหว่างก่อน และหลังออกกำลังกาย

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.004$) ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มออกกำลังกาย

อัตราการเต้นของหัวใจ

การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.04$) หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์แต่ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ ดังแสดงในกราฟที่ 2

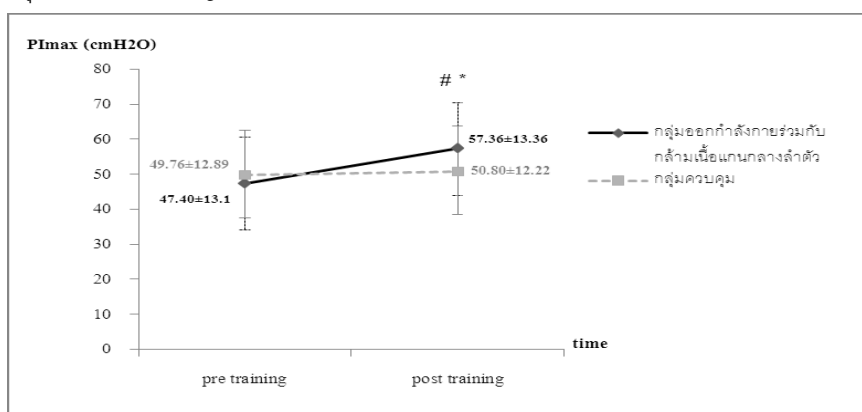


กราฟที่ 2 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม

แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.04$) ระหว่างก่อน และหลังออกกำลังกาย

แรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า

ค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า ก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกล้ามเนื้อแกนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.005$) ดังแสดงในกราฟที่ 3



กราฟที่ 3 แสดงค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้า เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม

แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) ระหว่างก่อน และหลังออกกำลังกาย

*แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.005$) ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มออกกำลังกาย

ระดับความมั่นคงกระดูกสันหลังและเชิงกราน

การประเมินระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน เปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test พบว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ากลางของระดับความมั่นคงกระดูกสันหลังและเชิงกราน (Lumbo-pelvic stability test; LPST)

ระดับ LPST	กลุ่มออกกำลังกายร่วมกับ ADIM		กลุ่มควบคุม	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.1 ± 0.31	3.67 ± 0.45	2.1 ± 0.31	3.08 ± 0.53
ค่ากลาง	2	3 [#]	2	2

[#] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างก่อน และหลังออกกำลังกาย

บทวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อการตอบสนองของระบบหายใจ และไหลเวียนโลหิต จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังจาก 8 สัปดาห์ การตอบสนองอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกาย และค่าแรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (กราฟที่ 1 และ 3) และกลุ่มออกกำลังกายร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (กราฟที่ 2)

อัตราการใช้ออกซิเจนการออกกำลังกายที่ต่อเนื่อง หรือเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิค จะทำให้ร่างกายเพิ่มการใช้ออกซิเจน⁽¹⁵⁾ เนื่องจากในขณะออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอสำหรับเมแทบอลิซึมที่เพิ่มขึ้น และกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป และขับถ่ายของเสียในเลือดเพื่อรักษาสมดุล กรด-ด่าง ของเลือดให้คงที่⁽¹⁶⁾ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังการฝึกฝนกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคอย่างเดียว มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคสามารถเพิ่ม $VO_2\max$ ได้หลังจากการฝึกฝน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rezaimanesh และ Parisa⁽¹⁰⁾ พบว่าการออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำแบบแอโรบิคเป็นเวลา 6 สัปดาห์ทำให้ค่า $VO_2\max$ มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกฝน ($p < 0.05$) ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้รูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิครวมกับการใช้กล้ามเนื้อลำตัวในการออกกำลังกายควบคู่กัน ส่งผลให้ร่างกายต้องมีการใช้กล้ามเนื้อและพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นรูปแบบการออกกำลังกายในการศึกษานี้แต่ละท่าเป็นการออกกำลังกายที่กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ แกนกลางลำตัว โดยมีทั้งในท่านอน ท่านั่ง และท่านยืน มีการทำงานของกล้ามเนื้อร่วมกันหลายมัด⁽¹⁷⁾ ซึ่งส่งผลให้การตอบสนองอัตราการใช้ออกซิเจนในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิครวมกล้ามเนื้อแกนกลางมีการใช้ปริมาณออกซิเจนที่มากกว่ากลุ่มควบคุมเป็นผลมาจากรูปแบบการออกกำลังกายที่มีการใช้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่มากขึ้นนอกจากนั้นการทำ ADIM ร่วมด้วยขณะที่ออกกำลังกาย นอกจากกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อชั้นลึก⁽⁴⁾ แล้วยัง

ต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม⁽⁴⁾ ซึ่งการทำ ADIM ที่มีประสิทธิภาพจะทำในจังหวะที่หายใจออกจนสุดแล้ว แรมว่ท้องตึงสะดือเข้าหาลำตัวซ้ำๆ และเกร็งไว้ โดยไม่กลั้นหายใจ ซึ่งอาสาสมัครจะต้องหายใจ โดยใช้การขยายของชายโครง ทำให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจเข้า และส่งผลทำให้ร่างกายต้องมีการใช้พลังงานในการออกกำลังกายที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษา McMahon และคณะ⁽¹⁸⁾ ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และพลังงานในการออกกำลังกายในอาสาสมัครนักฟุตบอลหญิงมืออาชีพ โดยการทดสอบ Monark cycle ergometer พบว่าที่ระดับความหนักปานกลางมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มากกว่าระดับเบาอย่างมีนัยสำคัญ และรูปแบบการออกกำลังกายเป็นการออกกำลังกายที่มีความต่อเนื่องกันและใช้เวลา 30 นาที ทำให้ร่างกายต้องดึงพลังงานในรูปแบบแอโรบิกมาใช้เพื่อให้เกิดพลังงานที่ต่อเนื่องและสูงสุด จึงทำร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อร่างกายได้รับการฝึกฝนการออกกำลังกายเป็นประจำจึงทำให้อัตราการหายใจและการเรียนรู้การดึงออกซิเจนมาใช้ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย⁽¹²⁾

อัตราการเต้นของหัวใจจากผลการวิจัยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะที่ออกกำลังกายช่วงก่อนการฝึกฝน กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย คิดเป็น 64.12 ± 5.09 %MHR และกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิก คิดเป็น 66.52 ± 4.25 %MHR ซึ่งถือเป็นการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักปานกลาง ซึ่งเป็นความหนักที่ ACSM⁽¹⁹⁾ แนะนำเป็นระดับความหนักสำหรับโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพดี ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า หลังการฝึกแบบแอโรบิก อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าลดลง อยู่ในระดับ 61.09 ± 4.83 %MHR สำหรับกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และระดับ 63.05 ± 4.25 %MHR สำหรับกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิก ซึ่งลดลงมาอยู่ในระดับการออกกำลังกายที่เบา⁽¹⁹⁾ แสดงว่าการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดดีขึ้น เนื่องจากการฝึกออกกำลังกายทำให้เพิ่มการทำงานของ muscle sympathetic nerve activity⁽²⁰⁾ ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวแรงขึ้น และยังมีเพิ่มของ end-diastolic volume จึงทำให้มีปริมาณเลือดใน หัวใจห้องล่างซ้ายเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้หัวใจมี stroke volume มากขึ้น จากความสัมพันธ์ของปริมาณการส่งเลือดออกจากหัวใจ หรือ $\text{cardiac output} = \text{stroke volume} \times \text{heart rate}$ เมื่อการทำงานของหัวใจมี stroke volume เพิ่มขึ้น ทำให้ cardiac output สูงขึ้นด้วย โดยที่หัวใจไม่จำเป็นต้องบีบตัวเร็ว ส่งผลให้ อัตราการเต้นหัวใจไม่ต้องสูงมาก เนื่องจากผลของการฝึกออกกำลังกาย มีผลต่อการตอบสนองของการทำงานของ alpha adrenergic และ baroreflex function ที่ทำหน้าที่ควบคุมความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ⁽¹⁶⁾ ผลการฝึกออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอเป็นผลดีต่อระบบไหลเวียนเลือดหลายประการเช่น หัวใจมีขนาดเพิ่มขึ้นและความแรงในการหดตัวมากขึ้น และทำให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก รวมทั้งค่า stroke volume สูงกว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย ดังนั้นภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลาง และกลุ่มควบคุม จึงมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Phyllis และคณะ⁽²¹⁾ ที่ศึกษาในผู้สูงอายุเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุม พบว่าภายหลังการออกกำลังกาย 12 เดือน ในระดับความหนัก 70% VO_2max พบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แรงดันสูงสุดของการหายใจเข้าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ามีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการฝึก 8 สัปดาห์ จะเห็นว่าการทำงานของระบบหายใจมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากท่าที่ใช้ในการออกกำลังกายครั้งนี้เน้นความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อผนังทรวงอกและเน้นการออกกำลังกายในการเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อและกล้ามเนื้อทรวงอกและหัวใจ ทำให้กล้ามเนื้อหายใจ ที่เป็นผนังทรวงอกมีการยืด และข้อต่อของผนังทรวงอกมีการเคลื่อนไหว เมื่อออกกำลังกายกล้ามเนื้อหายใจเข้าต้องหดตัวเพื่อเพิ่มความจุปอด และทำให้ผนังทรวงอกได้เคลื่อนไหว

ได้มากขึ้น⁽²²⁾ และการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคยังเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เนื่องจากในระหว่างการฝึกออกกำลังกาย ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการทำงานของเซลล์ในร่างกายและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลของออกซิเดชัน ซึ่งปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายนั้น จะไปกระตุ้นการทำงานของศูนย์หายใจใน medulla⁽²³⁾ และส่งผลมาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ จึงทำให้กล้ามเนื้อหายใจทำงานมากขึ้น ส่งผลให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจากผลของการฝึกออกกำลังกายได้⁽²⁴⁾ นอกจากนี้ในกลุ่มออกกำลังกาย ADIM ยังมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งการทำ ADIM ขณะฝึกออกกำลังกาย ทำให้เกิดการ ทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อหายใจมากขึ้นเนื่องจากการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเป็นการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายส่วนทั้ง TrA กล้ามเนื้อกะบังลม และกล้ามเนื้ออุ้งเชิงกราน เพื่อเพิ่มแรงดันในช่องท้อง เพิ่มแรงดึงต่อ thoraco lumbar fascia ทำให้เพิ่มแรงกระชับต่อกระดูกสันหลัง⁽²⁵⁾

ระดับความมั่นคงกระดูกสันหลังและเชิงกรานการศึกษานี้ได้ประเมินระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน เพื่อเป็นการยืนยันว่าการออกกำลังกายโดยให้ ADIM เป็นการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ซึ่งส่งผลทำให้เพิ่มระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน จากผลการศึกษานี้พบว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกรานเพิ่มขึ้น แต่กลุ่มควบคุม ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าการทำ ADIM ในการออกกำลังกายมีการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^(8,18,25) พบว่าก่อนที่จะมีการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนปลายนั้น กล้ามเนื้อลำตัวชั้นลึกที่อยู่รอบแกนกลางของร่างกายจะเริ่มทำงานก่อนที่จะเกิดการเคลื่อนไหวเสมอเพื่อทำให้เกิดความมั่นคงแกนกลาง และป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่กระดูกสันหลัง และช่วยเตรียมความพร้อมในการเคลื่อนไหว ดังนั้นการออกกำลังกายแบบแอโรบิค จึงกระตุ้นกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวให้การทำงานก่อนที่ร่างกายจะเกิดการเคลื่อนไหว⁽²⁵⁾

ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้คือ การศึกษานี้มีท่าออกกำลังกายบางท่ามีความยากเกินไปที่จะควบคุมการเคลื่อนไหวให้ถูกต้องเช่นท่าอนตะแคงข้างยกตัวขึ้นพร้อมทั้งยกขา เนื่องจากกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดสอบส่วนใหญ่มีระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลัง และเชิงกรานอยู่ในระดับ 2 บางท่าจึงมีความยากเกินไป เนื่องจากไม่เหมาะสมในบางคน ซึ่งสามารถสังเกตได้ในขณะที่ทำท่านี้ อาสาสมัครจะมีอาการสั่นและมีการงอลำตัวเพื่อให้ง่ายต่อการยกตัว และการศึกษานี้มีอาสาสมัครที่ถอนตัวออกจากการศึกษา จำนวน 10 คน ซึ่งมีสาเหตุมาจากไม่สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้มากกว่าร้อยละ 80 ของเวลาในการฝึกฝนทั้งหมด 8 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต การศึกษาครั้งนี้ได้ทำในกลุ่มประชากรปกติที่มีสุขภาพดีซึ่งส่งผลให้การตอบสนองทางสรีรวิทยาระบบการหายใจและไหลเวียนโลหิตดีขึ้น ซึ่งสามารถนำไปโปรแกรมการออกกำลังกายไปศึกษาในกลุ่มประชากรอื่น ๆ ได้เช่น ผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลัง หรือในนักกีฬาเป็นต้น และปรับโปรแกรมการออกกำลังกายที่ไม่ต้องมีการเปลี่ยนท่าทางมากโดยเพิ่มการออกกำลังกายในท่ายืนให้มากขึ้นเพื่อผลที่ดีต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย

สรุปผลการศึกษา

กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว หลังจากการออกกำลังกายครบ 8 สัปดาห์ มีการตอบสนองเพิ่มขึ้นทางด้านระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรทางการแพทย์และผู้สนใจในการออกกำลังกาย ในการออกกำลังกายเพื่อการรักษาสุขภาพร่างกายให้มีสุขภาพที่ดีและมีกล้ามเนื้อแกนกลางที่มั่นคงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Reed J, Buck S. The effect of regular aerobic exercise on positive-activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc.* 2009;10:581-594.
2. Tarnanen SP, Ylinen JJ, Siekkinen KM, Malkia EA, Kautiainen HJ, Hakkinen AH. Effect of Isometric Upper-extremity Exercise on the Activation of Core Stabilizing Muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89:513-521.
3. Woolf-May K. *Exercise Prescription: Physiological Foundations.* China: Churchill Livingstone Elsevier; 2006.
4. Critchley DJ, Pierson Z, Battersby G. Effect of pilates mat exercise and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: Pilot randomized trial. *Manual Ther.* 2011;16:183-189.
5. Rackwitz B, De BR, Iimm H, Von GK, Ewert T, Stucki G. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clin Rehab.* 2006;20:553-567.
6. Standaert CJ. Core stabilization for low back pain and performance. *Sport Ortho Trauma.* 2011;27:92-98.
7. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:86-92.
8. Hoogenboom BJ, Behnett JL. Core Stabilization Training in Rehabilitation. In: Voight ML, Hoogenboom BJ, Prentice WE, editors. *Musculoskeletal Interventions.* United States of America: The McGraw-Hill Companies; 2007. 333-338.
9. Demoulin C, Distree V, Tomasella M, Crielaard J-M, Vanderthommen M. Lumbar functional instability: a critical appraisal of the literature. *Ann Readapt Med Phys.* 2007;50:677-684.
10. Rezaimanesh D, Parisa A-F. The effect of a six weeks aerobic and anaerobic intermittent swimming on VO_2 max and some lung volumes and capacities in student athletes. *P Soc Behav Sci.* 2011;15:2054-2057.

11. Crookham J. A Guide to Exercise Prescription. Primary Care: Clinics in Office Practice.40:801-820.
12. McAdele WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology. 5th. USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
13. Gibson GJ. Measurement of respiratory muscle strength. Respir Med. 1995;89:529-535.
14. Ehrman JK. ACSM' s Resource Manual for Guildlines for Exercise Testing and Prescription. Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
15. Berling J, Foster C, Gibson M, Doberstein S, Porcari J. The effect of handrail support on oxygen uptake during steady-state treadmill exercise. J Cardiopulm Rehab. 2006;26:391-394.
16. Caro J, Navarro I, Romero P, Lorente RI, Priego MA, Martnez HS, et al. Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population. Endoc Res.60:167-172.
17. Rasouli O, Arab AM, Amiri M, Jaberzadeh S. Ultrasound measurement of deep abdominal muscle activity in sitting positions with different stability levels in subjects with and without chronic low back pain. Manual Ther. 2011;16:388-393.
18. Hodges PW, Gandevia SC. Change in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. J Appl Physiol. 2000;89:967-976.
19. Thompson WR, Gondon NF, Pescatello LS. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Health Appraisal and Risk Assessment Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2010.
20. MacMillan JS, Davis LL, Durham CF, Matteson ES. Exercise and heart rate recovery. Heart Lung. 2006;35:383-390.
21. Stein PK, Ehsani AA, Domitrovich PP, Kleiger RE, Rottman JN. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. Am Heart J. 1999;138:567-576.
22. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. Respir. 2001;6:95-104.
23. Veigl VL, Placzek JD, Boyce DA. Chapter 5 - Exercise Physiology. Orthopaedic Physical Therapy Secrets Saint Louis: Mosby; 2006. 37-46.
24. Gonzales JU, Williams JS. Effects of acute exercise on inspiratory muscle strength and endurance in untrained women and men. J Sports Med Phys Fitness.50:268-273.
25. Hodges PW, Erikssond AEM, Debra S, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increase stiffness of the lumbar spine. J Biomech. 2005;38:1873-1880.