

ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจน หลังการออกกำลังกายแบบแรงต้านที่มีต่อองค์ประกอบร่างกายในผู้ชายน้ำหนักตัวเกิน

ราตรี เรืองไทย* อภิสิทธิ์ เทียนทอง** สุพัชริน เขมรัตน์** กิตติพัฒน์ กฤตผล***

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงกึ่งทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนและสภาวะปกติหลังการฝึกแรงต้าน 2 วัน/สัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่มีต่อองค์ประกอบร่างกายในผู้ชายน้ำหนักตัวเกิน

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชายที่มีน้ำหนักตัวเกิน จำนวน 20 คน จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (10 คน) และกลุ่มควบคุม (10 คน) ทั้ง 2 กลุ่มทำการออกกำลังกายแบบแรงต้าน หลังจากนั้นออกกำลังกายแบบแอโรบิก 20 นาที (65% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง) โดยกลุ่มทดลองออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจน ($O_2 = 16.30\%$) ส่วนกลุ่มควบคุมออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติ ($O_2 = 21.00\%$) ใช้เวลา 2 วัน เพื่อทำการทดสอบค่าร้อยละไขมันในร่างกาย อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก ความแข็งแรงสูงสุดในท่า Machine vertical chestpress และ Smith machine half squats ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 และทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

ผลการวิจัยไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของทุกตัวแปรหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 แต่พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีผลการทดสอบทุกตัวแปรหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ดีขึ้นกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) โดยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองมีแนวโน้มค่าร้อยละไขมันในร่างกายลดลงและค่าร้อยละมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้านเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกินในการลดไขมัน เพิ่มความแข็งแรง และมวลกล้ามเนื้อ

คำสำคัญ: สภาวะพร่องออกซิเจน การฝึกแรงต้าน การฝึกแอโรบิก น้ำหนักตัวเกิน องค์ประกอบร่างกาย

* คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, E-mail: tedurts@ku.ac.th

** คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬามหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานครธนบุรี

The effects of aerobic exercise under hypoxic conditions after resistance training on body composition in overweight males

Ratree Rungthai* Apiluk Theanthong** Supatcharin Kamarat** Kittipat Krittaphol***

Abstract

This quasi-experimental study investigated the effects of aerobic exercise in hypoxia and normoxia after resistance exercise two days per week over a 12 - week period on body composition in overweight males.

Twenty overweight college males from the Faculty of Sports Science, Kasetsart University, volunteered for the study. They were equally divided into treatment group (TG) and control group (CG). Both groups performed resistance training, followed by 20 minutes of aerobic exercise conditions: (65% of heart rate reserve); TG performed treadmill running in hypoxia (inspired O₂ fraction = 16.30%) and the CG performed treadmill running in normoxia (inspired O₂ fraction ~ 21.00%). Before start of the study and after 4, 8 and 12 weeks, all subjects completed 2 days of testing to determine body composition, strength (1 repetition maximum of Machine vertical chest press and Smith machine half squats) and VO₂max test.

Results showed that there were no significant differences between the TG and the CG at 4, 8 and 12 weeks regarding body mass, body mass index, fat, muscle mass, basal metabolic rate, muscular strength and VO₂max. Compared with pretest, the 12-week training programs of both groups produced significant ($p < .05$) improvements in all variables. After week 8, the TG was more inclined to reduce fat mass and increase muscle mass compared to CG.

Aerobic exercise under hypoxic conditions after resistance training is an alternative for overweight males to reduce fat mass, increase muscle mass and muscle strength.

Key words: hypoxia, resistance training, aerobic training, overweight, body composition

* Faculty of Sports Science, Kasetsart University, Khamphangsaeen Campus, E-mail: tedurts@ku.ac.th

** Faculty of Allied Health Science, Thammasat University

*** Faculty of Sports Science and Technology, Bangkok Thonburi University

บทนำ

ผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกิน (Overweight) หรือมีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก./ตร.ม. และมีไขมันสะสมมากกว่าเกณฑ์ปกติ จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ไขมันในเลือดสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ ของประเทศไทยนอกจากนี้ยังนำไปสู่โรคข้อเสื่อมซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันได้^{1,2} การควบคุมไม่ให้น้ำหนักตัวเกินเกณฑ์มาตรฐานมีหลายวิธีการ เช่น การปรับพฤติกรรมมารับประทานอาหาร การออกกำลังกาย และเพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน การออกกำลังกายเป็นการกระตุ้นการเผาผลาญพลังงานและรักษาสมดุลระหว่างพลังงานที่ได้รับและพลังงานที่ใช้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น ระบบหายใจและไหลเวียนเลือด ระบบกล้ามเนื้อ และควบคุมระดับฮอร์โมนหลายชนิดให้ดีขึ้น รูปแบบการออกกำลังกายที่ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง ได้แก่ การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) และการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (Resistance exercise) การศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะช่วยเผาผลาญไขมันในขณะที่ออกกำลังกายโดยเฉพาะไขมันที่อยู่ในหลอดเลือด ส่วนการออกกำลังกายแบบแรงต้านมีผลต่อการเพิ่มมวลของกล้ามเนื้อทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก (Resting metabolic rate) เพิ่มขึ้น³⁻⁵ นอกจากนี้พบว่าการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบส่งผลให้กล้ามเนื้อเพิ่มการรับรู้ต่ออินซูลินและดึงกลูโคสจากกระแสเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2⁶ ปัจจุบันมีการนำการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบมาฝึกควบคู่กันหรือฝึกต่อเนื่องกัน พบว่าการฝึกแรงต้านและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกช่วยเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพักมากกว่าการฝึกแบบใดแบบ

หนึ่งเพียงอย่างเดียว รวมถึงช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและลดไขมันในร่างกายได้⁷

นอกจากรูปแบบการออกกำลังกายดังกล่าว ยังมี การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ถูกนำมาใช้เพื่อการควบคุมน้ำหนักตัวและกระตุ้นการเผาผลาญพลังงานให้กับผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกิน โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการศึกษารูปแบบของการฝึกบนที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลของนักกีฬาประเภทอดทน และพบว่าอัตราการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น และเมื่อฝึกต่อเนื่องหลายสัปดาห์จะทำให้ปริมาณของไมโตรคอนเดรียเพิ่มขึ้น จึงเป็นส่วนสำคัญของการนำไขมันไปใช้ในการสันดาปเป็นพลังงาน⁸ แต่การฝึกบนที่สูงมีผลให้เกิดการเจ็บป่วยได้นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายจำนวนมากและไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้กับคนส่วนใหญ่ซึ่งอาศัยอยู่ที่ระดับน้ำทะเล ปัจจุบันมีอุปกรณ์ควบคุมให้ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับขณะออกกำลังกายน้อยเหมือนกับการฝึกบนที่สูงในระดับต่างๆ หรือเรียกกันว่าการจำลองสภาวะอากาศบนที่สูง⁹ การศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาในสภาวะพร่องออกซิเจน (Interval hypoxia) ของ Kon et al.¹⁰ พบว่ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโกรทฮอร์โมน (Growth hormone) และการสันดาปพลังงานขณะพักในกลุ่มตัวอย่างที่มีน้ำหนักตัวเกิน นอกจากนี้ Wiesner et al.¹¹ และ Kayser and Verges¹² พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 1,500 เมตร ขึ้นไปจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายและการเผาผลาญไขมันได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติ โดยการศึกษาทั่วไปจะใช้ความสูงระดับปานกลาง (Moderate-altitude) คือ อยู่ระหว่าง 2,000-3,000 เมตร

จากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่า การออกกำลังกายแบบแรงต้าน แบบแอโรบิก แบบแรงต้านควบคู่แอโรบิก

และแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจน ส่งผลต่ออัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและมีผลต่อการลดลงของน้ำหนักตัวโดยเฉพาะมวลไขมันได้ แต่ยังคงขาดการศึกษารูปแบบของการออกกำลังกายแบบแรงต้านควบคู่กับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบร่างกาย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจน หลังการออกกำลังกายแบบแรงต้านที่มีต่อองค์ประกอบร่างกายในผู้ชายน้ำหนักตัวเกิน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) แบบแผนการทดลองแบบอนุกรมเวลาและมีกลุ่มควบคุม (Multiple time series design)

กลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากโปรแกรมพีเอส (PS power and sample size program version 3.0) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (α) เท่ากับ 0.05 กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.8 กำหนดอัตราส่วนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (m) เท่ากับ 1:1 นำข้อมูลจากงานวิจัยของ Davitt et al.¹³ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการศึกษาครั้งนี้ ประกอบการคำนวณ ได้แก่ ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว เท่ากับ 1 และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 ผลการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 5 คน ผู้วิจัยเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 100 เพื่อป้องกันการสูญหาย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตเพศชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวิธีการอาสาสมัคร มีอายุระหว่าง 17-23 ปี มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก./ตร.ม. และมีค่าไขมันในร่างกายมากกว่า

ร้อยละ 20 ไม่มีปัญหาสุขภาพ การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และข้อต่อที่เป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมวิจัย และลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 20 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีการจัดเข้ากลุ่มตามค่าดัชนีมวลกาย คือ กลุ่มทดลอง 10 คน ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และกลุ่มควบคุม 10 คน ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัยนี้ได้จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายในสภาวะพร้อมออกซิเจน มีการทดลองใช้กับกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน และนำผลปรึกษากับทีมงานวิจัย ซึ่งผ่านการอบรมและศึกษาดูงานด้านการออกกำลังกายในสภาวะพร้อมออกซิเจน ณ New South Wales Institute of Sport ประเทศออสเตรเลีย โดยโปรแกรมกำหนดให้มีการออกกำลังกาย 2 วันต่อสัปดาห์ มีเวลาพักระหว่างวันในการออกกำลังกาย 2 วัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ รายละเอียดดังนี้

1. โปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย ด้วยการวิ่งบนลูกลูกที่ความหนักร้อยละ 65 ของอัตราการเต้นของหัวใจ ดำรงเป็นเวลา 10 นาที และยืดกล้ามเนื้อ 5 นาที
2. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแรงต้าน จำนวน 6 ท่า ได้แก่ Machine vertical chest press, Smith machine half squat, Machine lat pulldown, Machine leg extension, Machine shoulder press, และ Machine leg curl แต่ละท่าปฏิบัติระหว่าง 10-12 ครั้งสูงสุด (Repetition maximum; RM) จำนวน 3 ชุด พักระหว่างชุด 45-60 วินาที และมีเวลาพักก่อนฝึกทำถัดไป 3 นาที
3. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ด้วยการวิ่งบนลูกลูกที่ชันพอเหมาะเท่ากับร้อยละ 65 ของ

ชีพจรสำรองและค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบิน จากชีพจร (SaO₂) (Nonin รุ่น Model 9570, DE) ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 80 เป็นเวลา 20 นาที โดยกลุ่มทดลอง ออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนจากระบบจำลองอากาศบนที่สูงแบบหน้ากาก (Altitude Training Systems รุ่น ATS-HP, AU) กำหนดปริมาณออกซิเจนขณะหายใจเท่ากับร้อยละ 16.30 หรือเทียบเท่าการออกกำลังกายที่ระดับความสูง 2,000 เมตร ส่วนกลุ่มควบคุม ออกกำลังกายในสภาวะปกติที่ปริมาณออกซิเจนขณะหายใจเท่ากับร้อยละ 21.00 หรือเทียบเท่าการออกกำลังกายที่ระดับน้ำทะเล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบร่างกาย (Inbody, US) สำหรับวัดน้ำหนักตัว มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (วิธีทางอ้อม) เครื่องออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก (Body Solid, CN) สำหรับทดสอบความแข็งแรงท่า 1 Machine vertical chest press และ Smith machine half squat ด้วยวิธีการทางอ้อมและทำนายค่า 1 RM จากสมการของ Brzycki¹⁴ และจักรยานวัดงาน (Sensor Medics Ergo Metric-200, US) สำหรับทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดตามวิธีการของ Astran and Rhyming อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือโดยตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงจริยธรรมในการวิจัยในมนุษย์ โดยมีการชี้แจงกลุ่มตัวอย่างถึงสิทธิการเข้าร่วมวิจัยหรือปฏิเสธในการเข้าร่วมวิจัย ซึ่งการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยจะไม่มีผลกระทบใดๆ สามารถยกเลิกได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล รวมถึงได้รับการดูแลเมื่อมีปัญหาการบาดเจ็บ หรือปัญหาสุขภาพจากการเข้าร่วมวิจัย ข้อมูลต่างๆจะถูกเก็บเป็นความลับและจะถูกทำลาย

ภายหลังเสร็จสิ้น กระบวนการวิจัยและจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนเริ่มการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มได้รับการเตรียมพร้อมด้วยการออกกำลังกายแบบแรงต้านเบื้องต้น เพื่อสร้างความคุ้นเคย 3 วัน โดยมีเวลาพักระหว่างการฝึก 1 วัน หลังจากนั้นกลุ่มตัวอย่างงดกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างหนักเป็นเวลา 7 วัน การทดสอบข้อมูลพื้นฐานก่อนทดลอง แยกเป็น 2 วัน คือ วันที่ 1 ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดองค์ประกอบของร่างกาย และอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (วิธีทางอ้อม) ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และวันที่ 2 ทดสอบความแข็งแรงท่า Machine vertical chest press และ Smith machine half squat

2. กลุ่มตัวอย่างเลือกเวลาออกกำลังกายระหว่าง 6.30–16.30 น. ในห้องออกกำลังกายที่มีเครื่องปรับอากาศ โดยตั้งอุณหภูมิอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส สำหรับเวลาการออกกำลังกายจะเป็นเวลาเดียวกันจนสิ้นสุดการทดลอง ทั้ง 2 กลุ่มใช้กิจกรรมการอบอุ่นร่างกายและการออกกำลังกายแบบแรงต้านเหมือนกัน หลังจากนั้นพัก 5 นาที และออกกำลังกายแบบแอโรบิคด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง ตามที่กำหนดของแต่ละกลุ่ม ระหว่างออกกำลังกายจะมีผู้ช่วยวิจัยทำหน้าที่ควบคุมความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกายให้เป็นไปตามที่กำหนดของแต่ละกลุ่ม

3. สัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ของการทดลอง ทำการทดสอบตัวแปรต่างๆ เช่นเดียวกับก่อนการทดลอง และนำผลไปวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk Test พบว่าทุกตัวแปรมีการกระจายแบบ

โค้งปกติ หลังจากนั้นทดสอบความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมการฝึกกับช่วงเวลาของการทดสอบที่มีต่อตัวแปรแต่ละตัว ด้วยสถิติ Two-way ANOVA with repeated measures เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปรแต่ละตัวด้วยสถิติ t-test และทดสอบความแตกต่างจากก่อนการทดลองของตัวแปรแต่ละตัวภายในกลุ่มด้วยสถิติ One-way ANOVA with repeated measured กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 20.20 ± 1.32 ปี และ 19.70 ± 0.67 ปี ส่วนสูง 168.20 ± 8.88 เซนติเมตร และ 165.10 ± 10.12 เซนติเมตร ก่อนการทดลองไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและดัชนีมวลกาย ระหว่างการวิจัยพบว่าอุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 27.20 ± 2.25 องศาเซลเซียส และร้อยละ 66.80 ± 5.12 ตามลำดับ และความเร็วในการวิ่งบนลู่วิ่ง ระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 สัปดาห์ที่ 5-8 และสัปดาห์ที่ 9-12 มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มทดลองเท่ากับ 5.25 ± 0.69 , 5.50 ± 0.67 และ 5.89 ± 0.73 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 6.26 ± 1.18 , 6.44 ± 1.15 และ 6.63 ± 1.19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับโดยระหว่างกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > .05$) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ระหว่างวิธีการฝึกและช่วงเวลาการทดสอบ ไม่มีผลกระทบต่อทุกตัวแปร กล่าวคือผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของวิธีการฝึกต่อตัวแปรต่างๆ ไม่ขึ้นกับว่าจะทดสอบช่วงเวลาใด สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มของแต่ละตัวแปรนำเสนอในตารางที่ 1 สรุปได้ดังนี้

1. ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ร้อยละไขมันในร่างกาย และตัวแปรอื่นๆ ที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลอง การทดลองสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ($p > .05$)

2. กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย และร้อยละไขมันในร่างกาย ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ลดลงจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อในสัปดาห์ที่ 8 และ 12 เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุดในการทำ Machine vertical chest press และ Smith machine half squat ในสัปดาห์ที่ 8 และ 12 มากกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) และค่าเฉลี่ยการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 12 เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ซึ่งทั้งสองทำนี้เป็นตัวแทนของการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย ซึ่งมีการใช้ข้อต่อหลายส่วนเพื่อการเคลื่อนไหว

3. กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว และดัชนีมวลกาย ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ลดลงจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยร้อยละไขมันในร่างกาย ในสัปดาห์ที่ 8 ลดลงจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อในสัปดาห์ที่ 12 เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักในสัปดาห์ที่ 8 และ 12 เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสูงสุดในการทำ Machine vertical chest press และ Smith machine half squat ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 มากกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) และค่าเฉลี่ยการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง ($p < .05$)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามตัวแปรของกลุ่มทดลอง (n=10) และกลุ่มควบคุม (n=10)

ตัวแปร	กลุ่ม	ก่อนการทดลอง	สัปดาห์ที่		
			4	8	12
น้ำหนักตัว (กก.)	กลุ่มทดลอง	84.42 ± 13.53	82.44 ± 12.37 ^a	81.3 ± 12.13 ^{ab}	80.15 ± 12.02 ^{abc}
	กลุ่มควบคุม	81.12 ± 11.73	78.84 ± 12.10 ^a	78.16 ± 11.69 ^a	77.26 ± 11.42 ^{abc}
ดัชนีมวลกาย (กก./ตรม.)	กลุ่มทดลอง	29.75 ± 3.69	29.066 ± 3.28 ^a	28.66 ± 3.20 ^{ab}	28.25 ± 3.16 ^{abc}
	กลุ่มควบคุม	29.68 ± 2.63	28.85 ± 3.02 ^a	28.60 ± 2.85 ^{ab}	28.29 ± 2.98 ^{abc}
ไขมันในร่างกาย (ร้อยละ)	กลุ่มทดลอง	33.82 ± 6.88	32.68 ± 6.82 ^a	31.63 ± 6.66 ^a	31.38 ± 6.06 ^a
	กลุ่มควบคุม	34.44 ± 5.79	33.5 ± 5.94	32.79 ± 5.89 ^a	32.54 ± 6.17
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	กลุ่มทดลอง	30.96 ± 7.17	31.18 ± 6.74	31.81 ± 7.10 ^{ab}	32.41 ± 7.22 ^{ab}
	กลุ่มควบคุม	29.03 ± 6.34	29.39 ± 6.18	29.61 ± 6.45	30.08 ± 6.36 ^{abc}
อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก (กิโลแคลอรี)	กลุ่มทดลอง	1,565.31 ± 48.45	1,577.44 ± 45.75 ^a	1,602.30 ± 258.80 ^{ab}	1,631.37 ± 8.20 ^{abc}
	กลุ่มควบคุม	1,486.50 ± 17.54	1,505.92 ± 21.05	1,512.80 ± 30.91 ^a	1,531.33 ± 226.30 ^a
ความแข็งแรงสูงสุด (1RM)					
-ท่า Machine vertical chest press (กก.)	กลุ่มทดลอง	61.23 ± 33.14	65.72 ± 29.75	74.87 ± 32.01 ^{ab}	84.56 ± 35.45 ^{ab}
	กลุ่มควบคุม	47.77 ± 29.40	53.39 ± 30.66 ^a	61.07 ± 35.83 ^a	74.13 ± 39.77 ^{abc}
-ท่า Smith machine half squats (กก.)	กลุ่มทดลอง	60.84 ± 27.70	58.09 ± 25.31	80.37 ± 39.43 ^b	82.57 ± 39.68 ^b
	กลุ่มควบคุม	45.59 ± 20.57	49.46 ± 23.53 ^a	70.42 ± 40.36 ^{ab}	78.92 ± 36.12 ^{abc}
การใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก.)	กลุ่มทดลอง	35.38 ± 4.68	-	-	39.07 ± 5.04 ^a
	กลุ่มควบคุม	36.25 ± 6.63	-	-	38.99 ± 7.04 ^a

หมายเหตุ a แตกต่างจากค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

b แตกต่างจากค่าเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

c แตกต่างจากค่าเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้พบว่าน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ร้อยละไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และ อัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพัก รวมถึงตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย ได้แก่ ความแข็งแรงสูงสุด

ในท่า Machine vertical chest press และ Smith machine half squat และค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลอง ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และกลุ่มควบคุม ออกกำลังกายแบบแอโรบิกใน

สภาวะปกติหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน ไม่มี ความแตกต่างกันหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 แต่โปรแกรมการฝึกของทั้งสองกลุ่มส่งผลให้ตัวแปร ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นพัฒนาในทางดีขึ้นจากก่อนการ ทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากทั้งสองกลุ่มใช้ โปรแกรมการฝึกแรงต้านเหมือนกันที่ความหนักระหว่าง 10-12 RM หรือเท่ากับร้อยละ 70-75 ของความสามารถ สูงสุดในการปฏิบัติ 1 ครั้ง (1 RM) Bloomer¹⁵ พบว่าการ ฝึกแรงต้านในท่า Squat ด้วยอุปกรณ์ฟรีเวทที่ความหนัก ร้อยละ 70 ของ 1 RM ปฏิบัติระหว่าง 5-12 ครั้ง มีเวลาพัก ระหว่างเซต 90-120 วินาที จำนวน 12-13 เซต จะมีค่าการ ใช้พลังงานเท่ากับ 269.21 ± 13.09 กิโลแคลอรี ซึ่ง ใกล้เคียงกับ American College of Sports Medicine¹⁶ ที่ เสนอแนะสำหรับคนทั่วไปว่าควรมีการใช้พลังงานต่อวัน อยู่ระหว่าง 300-500 กิโลแคลอรี/วัน และ 1,000-2,000 กิโลแคลอรี/สัปดาห์

งานวิจัยนี้ฝึกแรงต้านจำนวน 6 ท่า ที่ครอบคลุม กล้ามเนื้อมัดหลักของร่างกายส่วนบนและส่วนล่าง แต่ละ ท่าฝึก 3 เซต ใช้เวลาพักระหว่างเซต 45-60 วินาที รวม ระยะเวลาในการฝึกต่อครั้งประมาณ 35-40 นาที รวม จำนวนเซตเท่ากับ 18 เซต ซึ่งการฝึกแรงต้านจะส่งผลให้ กล้ามเนื้อออกแรงทำงานมากกว่าสภาวะปกติ เพิ่มอัตรา การเผาผลาญพลังงานในกล้ามเนื้อมากขึ้น หากมีการฝึก ในหลายท่าย่อมทำให้กล้ามเนื้อมีการใช้พลังงานมากกว่า การฝึกเพียงท่าเดียว นอกจากนี้รูปแบบการฝึกในงานวิจัย นี้ยังมีจำนวนเซตใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Bloomer¹⁵ ซึ่ง น่าจะส่งผลต่อการใช้พลังงานได้ใกล้เคียงกัน ประกอบกับ มีการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่อง ออกซิเจน จึงส่งผลให้สัปดาห์ที่ 12 น้ำหนักตัวของกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุมลดลงเท่ากับ -4.27 และ -3.86 กิโลกรัม หรือมีการเปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลอง เท่ากับร้อยละ -5.06 และ -4.76 ตามลำดับ สอดคล้องกับ

งานวิจัยของ Netzer, Roland and Kupper¹⁷ พบว่าผู้ชายและ ผู้หญิงที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 33.1 กิโลกรัม/ตารางเมตร ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ ระดับออกซิเจนในอากาศเท่ากับร้อยละ 15 (เทียบเท่า ออกซิเจนที่ความสูง 2,500 เมตร) ด้วยการก้าวขึ้นลงกล่อง วิ่งบนลู่วิ่งและปั่นจักรยานอยู่กับที่ ด้วยความหนักร้อยละ 60 ของอัตราการเต้นหัวใจที่ระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 90 นาที จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าน้ำหนักตัวลดลง 1.14 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับ ก่อนการทดลอง และแตกต่างจากกลุ่มฝึกในสภาวะปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง Strobel, Neureither and Bärtsch¹⁸ และ Wiesner et al.¹¹ พบว่าการลดลงของน้ำหนัก ตัวและร้อยละไขมันในร่างกายหลังการออกกำลังกายแบบ แอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนมีความเกี่ยวข้องกับการ เพิ่มระดับ catecholamine การดึงและสลายเนื้อเยื่อไขมัน มาใช้เป็นพลังงาน การลดลงของระดับ triglyceride และ LDL นอกจากนี้ Tschopp, Strasburger and Hartman¹⁹ พบว่าการเพิ่มขึ้นระดับ leptin ขณะออกกำลังกายหรืออยู่ บนที่สูงส่งผลต่อการลดความอยากในการรับประทานอาหาร จึงเป็นสาเหตุให้ได้รับไขมันจากอาหารน้อยลง

งานวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีแนวโน้มมวล กล้ามเนื้อในสัปดาห์ที่ 12 เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม อาจเนื่องจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะ พร่องออกซิเจนหลังการฝึกแรงต้านส่งผลต่อระดับ ออกซิเจนในเลือดต่ำกว่าปกติ เกิดสภาวะความเป็นกรด ภายใต้ออกซิเจน และนำไปสู่การปรับตัวต่อการฝึกให้ กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมวลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Schoenfeld²⁰ พบว่าการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อมีความ เกี่ยวข้องกับกลไก 3 ประการ คือ ความตึงของกล้ามเนื้อ การสะสมของเสียภายในกล้ามเนื้ออันเนื่องจากการ สันดาปพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการเสียหายของ กล้ามเนื้อ เป็นเหตุให้กล้ามเนื้อเสื่อมสภาพและนำไปสู่

การกระตุ้นให้กล้ามเนื้อสังเคราะห์โปรตีนที่เส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Takarada, Sato and Ishii²¹ พบว่าการฝึกแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50 ของ 1 RM ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดของกล้ามเนื้อจากเครื่องปรับความดันเลือดที่ระดับ 200 มม.ปรอท ในการฝึกท่า Knee extension เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลให้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ขึ้น สำหรับการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักซึ่งงานวิจัยนี้พบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะพักเพิ่มขึ้นหลังสัปดาห์ที่ 12 เท่ากับ 66.0 และ 44.8 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

นอกจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบร่างกายแล้ว ในงานวิจัยนี้พบว่าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแข็งแรงสูงสุดในการทำ Machine vertical chest press และ Smith machine half squat เพิ่มขึ้นหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 อยู่ระหว่างร้อยละ 50.45 – 75.77 สอดคล้องกับ Krieger²² ที่ทำการสังเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีอภิมาน พบว่าการฝึกแรงต้านจำนวนหลายเซตจะมีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงได้มากกว่าการฝึกเพียงเซตเดียว โดยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 46 ทั้งในผู้ที่มีประสบการณ์และไม่มีความแข็งแรงฝึก สำหรับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในงานวิจัยนี้พบว่ากลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 คือ มีค่าการเปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 10.42 และ 7.55 ตามลำดับ อาจเนื่องจากการออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนจะมีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าสภาวะปกติจึงกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง รวมถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณพลาสมาและมวลของเม็ดเลือดแดง ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการขนส่งออกซิเจน²³ งานวิจัยนี้มีการบันทึกความเร็วที่ใช้วิ่งบนลูกลื่นในช่วง

สัปดาห์ที่ 1-4 สัปดาห์ที่ 5-8 และ สัปดาห์ที่ 9-12 พบว่าระหว่างกลุ่มมีค่าความเร็วในการวิ่งไม่ต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีแนวโน้มจะใช้ความเร็วในการวิ่งน้อยกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ได้รับน้อยกว่าปกติ ร่างกายจึงมีการชดเชยด้วยการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับส่งออกซิเจนให้เพียงพอต่อการทำงาน แต่เนื่องจากทั้ง 2 กลุ่มต้องวิ่งบนลูกลื่นที่ความหนักของการออกกำลังกายเท่ากัน คือ ร้อยละ 65 ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการลดแรงกระแทกที่กระทำกับกล้ามเนื้อและข้อต่อได้ เนื่องจากการขณะวิ่งจะมีความเร็วที่มากกระทำกับข้อต่อมากกว่า 3 เท่าของน้ำหนักตัว เมื่อวิ่งด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อแรงกระทำต่อข้อต่อเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการบาดเจ็บได้²⁴

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเป็นแนวทางในการจัดโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อลดน้ำหนักตัว และคงสภาพมวลกล้ามเนื้อในกลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกินและไม่มีปัญหาสุขภาพ รวมถึงพัฒนาสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการมีสุขภาพที่ดี ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่พบความแตกต่างระหว่างรูปแบบการฝึกทั้ง 2 แบบ แต่การออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนจะส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในเลือดลดต่ำกว่าการออกกำลังกายในสภาวะปกติเมื่อต้องออกกำลังกายที่ความหนักเท่ากัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงลดความเร็วในการวิ่งบนลูกลื่นในสภาวะพร่องออกซิเจนให้ช้ากว่าการวิ่งบนลูกลื่นในสภาวะปกติ ส่งผลให้ค่าของงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนน้อยกว่าในสภาวะปกติ ซึ่งเป็น

องค์ประกอบหนึ่งที่จะช่วยลดแรงกระทำที่กระทำกับกล้ามเนื้อและข้อต่อได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทอัลทีจูด
เทคโนโลยี โซลูชั่น จำกัด รวมถึงอาสาสมัครวิจัยทุกคน

เอกสารอ้างอิง

1. Kanda S, Ruangthai R, Khothin J. Effect of aerobic combine with resistance exercise on lipid profile in overweight and obese women. In: Phiromkham B, editor. The 6th Kasetsart Kamphaeng Saen Conference. 8-9th December 2009; Thailand. Nakhon Pathom: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus; 2009. p. 870-7.(in Thai)
2. Supamethangkura W. Exercise in obesity. *Thammasat Medical Journal*. 2007;7:393-40. (in Thai).
3. Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, et al. High intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25: 1729-36.
4. Fenkci S, Sarsan A, Rota S, Ardic F. Effect of resistance or aerobic exercise on metabolic parameters in obese women who are not on a diet. *Adv Ther*. 2006;23: 404-13.
5. McArdle DW, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins; 2001.
6. Maiorana A, Driscoll GO, Cheetham C, Dembo L, Stanton K, Goodman C, et al. The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38:860-6.
7. Davis JN, Tung A, Chak SS, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Alexander KE, et al. Aerobic and strength training reduces adiposity in overweight Latina adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:1494-503.
8. Dufour S, Ponsot E, Zoll J, Doutreleau SP, Lonsdorfer-Wolf E, Geny B, et al. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *J Appl Physiol*. 2006;100:1238-48.
9. Gregoire DR, Millet P, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP, et al. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med*. 2010;40:1-25.
10. Kon M, Ikeda T, Homma T, Suzuki Y. Effects of low-intensity resistance exercise under acute systemic hypoxia on hormonal responses. *J Strength Cond Res*. 2012;26:611-7.
11. Wiesner S, Haufe S, Engeli S, Mutschle H, Haas U, Luft FC, et al. Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight obese subjects nature publishing group, advance online publication. *Obesity*. 2010;18:116-20.
12. Kayser B, Verges S. Hypoxia, energy balance and obesity: From pathophysiological mechanisms to new treatment strategies. *Obes Rev*. 2013;14: 579-92.
13. Davitt PM, Pellegrino JK, Schanzer JR, Tjionas H, Arent SM. The effects of a combined resistance training and endurance exercise program in inactive

- college female subjects: Does order matter?
J Strength Cond Res. 2014;28:1937-45.
14. Heyward VH. Advanced fitness assessment and exercise prescription. 5th ed. USA: Human Kinetics Publishers, Inc; 2006.
15. Bloomer RJ. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. J Strength Cond Res. 2005;19:878-82.
16. American College of Sports Medicine. ACSM'S guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed: Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
17. Netzer NC, Roland C, Kupper T. Low intense physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia. Sleep Breath. 2008;12:129-34.
18. Strobel G, Neureither M, Bärtsch P. Effect of acute mild hypoxia during exercise on plasma free and sulphoconjugated. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1996;73:82-7.
19. Tschopp M, Strasburger CJ, Hartman G. Raised leptin levels at high altitude associated with loss of appetite. Lancet. 1998;312:1119-20.
20. Schenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application resistance training. J Strength Cond Res. 2010;24:2857-72.
21. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. Eur J Appl Physiol. 2002;86: 308-14.
22. Krieger JW. Single versus multiple set of resistance exercise: A meta-regression. J Strength Cond Res. 2009;23:1890-901.
23. Wilber RL. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. Med Sci Sports Exerc. 2007;39:1610-24.
24. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature. 2010;463:531-5.