

**ผลของการเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา
ขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร
ในผู้มีน้ำหนักตัวเกิน**

**Effects of Preparing Two Weeks on the Physiological Responses While Aerobic
Exercise in Hypoxic at 3,000 meters Altitude in the Overweight**

กิตติพัฒน์ กฤตผล¹, ผศ.ดร.อภิสิทธิ์ เทียนทอง², ดร.พรพล พิมพาพร³, ผศ.ดร.สุพัชรินทร์ เขมรัตน์⁴

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{2,3}คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

⁴สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยโดยการทดลองแบบก่อนฝึกและหลังฝึก(Pretest Posttest Control Group Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองของอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟร และงานขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ($O_2 = 14.3\%$) หลังการเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ ในผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกิน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จำนวน 19 คน กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ฝึกวิ่งบนลู่วิ่งในสภาวะปกติ 20 นาที หลังการฝึกแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ฝึกวิ่งบนลู่วิ่งในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 2,000 เมตร ($O_2 = 16.3\%$) 20 นาที โดยสวมหน้ากากและต่อกับเครื่องจำลองสภาวะอากาศบนที่สูงหลังการฝึกแรงต้าน ทั้ง 2 กลุ่มจะฝึกวิ่งบนลู่วิ่งที่ความหนัก 60-65% HRR และฝึกน้ำหนักที่ 12-15 RM เมื่อครบ 2 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างทำการวิ่งบนลู่วิ่ง 20 นาที (60-65% HRR) ในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นหัวใจจากเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ และค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากซีฟรจากเครื่องวัดออกซิเจนในเลือด ทุก 2 นาที จนเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีค่าอัตราการเต้นหัวใจ และความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจะพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีแนวโน้มของงานขณะวิ่งบนลู่วิ่งมากกว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 2

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการเตรียมพร้อม 2 สัปดาห์ก่อนการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร สามารถใช้รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในสองรูปแบบ คือ การฝึกที่ระดับ 2,000 เมตร และการฝึกที่สภาวะปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีงานขณะออกกำลังกายแบบแอโรบิกน้อยกว่า ซึ่งเป็นผลดีต่อการลดแรงกระทำต่อข้อต่อ ช่วยป้องกันการบาดเจ็บสำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัวเกินได้

คำสำคัญ : แอโรบิก / แรงต้าน / สภาวะพร่องออกซิเจน

Abstract

This research aims to study and compare the response of heart rate, oxygen saturation and work load while aerobic exercise in hypoxic at 3,000 meters altitude ($O_2 = 14.3\%$) after preparing for 2 weeks in the overweight men ($>25 \text{ kg/m}^2$). Nineteen subjects were resistance training at 12-15 RM. After that, 20 min treadmill running, which group 1 at normoxic ($O_2 = 20.9\%$) and. Group 2 in hypoxic at 2,000 meters altitude ($O_2 = 16.3\%$). After 2 week, both groups run on treadmill at 60-65% for 20 min in hypoxic at 3,000 meters altitude. The result found that heart rate, oxygen saturation and work load between groups were not significant difference. However during 2 week preparation, group 2 was lower work load than group 1. It could be reduction in force on the joints, which prevents injuries for those who are overweight

Keyword: Aerobic / Resistance / Hypoxic

บทนำ

ปัจจุบันวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว มีเครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ใช้ในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้กิจกรรมการเคลื่อนไหว การออกกำลังกายเพื่อดำเนินชีวิตประจำวัน ประกอบกับการดำเนินชีวิตต้องแข่งขันและเร่งรีบ ทำให้เวลาออกกำลังกายรวมถึงการนิยมนับประทานอาหารที่มีความสะดวกและรวดเร็ว โดยไม่คำนึงถึงคุณค่าทางอาหารและสารอาหารที่ส่วนใหญ่ให้แต่พลังงาน ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และ แป้ง เป็นเหตุให้ร่างกายสะสมพลังงานเกินความจำเป็น และมีน้ำหนักตัวมากกว่ามาตรฐาน ดัชนีมวลกายสูง และเกิดโรคอ้วน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง และโรคเบาหวาน เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวทำให้คนไทยเริ่มหันมาใส่ใจในสุขภาพมากขึ้นด้วยวิธีการออกกำลังกายส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจและไม่รู้จักวิธีการออกกำลังกายที่ถูกต้อง กล่าวคือ การออกกำลังกายอย่างหนักมากและยาวนาน เพื่อให้ได้ผลตามจุดประสงค์ของการออกกำลังกายอย่างรวดเร็ว หรือออกกำลังกายด้วยความหนักและใช้เวลาน้อยเกินไป ทำให้ไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการลดน้ำหนักด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกภายหลังการฝึกแรงต้านในสภาวะพร่องออกซิเจน ซึ่งเป็นวิธีการที่ยังไม่มีผู้ศึกษา และมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องค่อนข้างน้อย ข้อมูลการศึกษาที่พบส่วนมากเป็นการศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับแรงต้าน หรืออย่างใดอย่างหนึ่งเช่น Park et al. (2003) พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านมีผลต่ออัตราการเผาผลาญพลังงานได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกหรือการออกกำลังกายแบบแรงต้านเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับ Kirk et al. (2009) และ Ormsbee et al. (2007) พบว่าการออกกำลังกายแบบแรงต้านจะช่วยเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก แต่ความหนักต้องมากพอจึงจะมีผลต่ออัตราการกระตุ้นการเผาผลาญพลังงานให้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกับ Goto et al. (2007) ที่พบว่าการออกกำลังกายที่ระดับน้ำหนักร่างกายสูงสุด (submaximal) ภายหลังการฝึกแรงต้านช่วยให้อัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Vanhelder et al. (1984) ที่ศึกษาการออกกำลังกายแบบแรงต้านในท่า leg press ที่ความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ ของ 7 RM พบว่าช่วยให้อัตราโกรทฮอร์โมน (growth hormone) เพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนัก 28 เปอร์เซ็นต์ ของ 7 RM

ไม่มีผลต่อการกระตุ้นฮอร์โมนเอพิเนฟริน (epinephrine) นอร์เอพิเนฟริน (norepinephrine) และโกรทฮอร์โมนอีกด้วย จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแรงต้านมีผลต่อปัจจัยในการลดน้ำหนักได้โดยเฉพาะองค์ประกอบที่เป็นไขมันส่วนเกิน (fat free mass) นอกจากรูปแบบดังกล่าวแล้ว Nikolaus et al. (2008) ได้ศึกษาในเรื่องของการออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนในช่วงออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวโดยอาศัยในสภาวะปกติได้ผลไม่แตกต่างกับการอยู่อาศัยและการออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนในความดันบรรยากาศที่ระดับปานกลางพบว่า มีผลต่อไขมันและกลูโคส ทั้งยังลดความอยากรับประทานอาหารลง สอดคล้องกับ Wiesner et al. (2009) ที่ศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 1,500 พบว่า ช่วยเผาผลาญพลังงานลดไขมันของร่างกายและเพิ่มสมรรถภาพทางกายได้ดีกว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติ (Kenny et al., 2012)

จากรูปแบบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการศึกษากลับมาเกี่ยวกับการออกกำลังกาย แบบแอโรบิกร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านเพื่อลดน้ำหนัก โดยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายหลังการฝึก แต่เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่มากพอในด้านการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงของการออกกำลังกายที่ฝึกในสภาวะพร่องออกซิเจนของคนที่น้ำหนักตัวเกินโดยเฉพาะอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟร และงานขณะออกกำลังกาย ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะทำการฝึกจริงในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงที่มีการรายงานถึงผลการเปลี่ยนแปลงต่อองค์ประกอบของร่างกายได้ดีกว่าความสูงระดับอื่น ๆ (Wiesner et al., 2009) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟร และงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร หลังเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ ด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติและในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 2,000 เมตร หลังการฝึกแรงต้าน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟรและงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร หลังเตรียมความพร้อมก่อน 2 สัปดาห์ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติและสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 2,000 เมตร ภายหลังจากการฝึกแรงต้าน
2. เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีฟร และงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร หลังการฝึกแรงต้านร่วมกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติและสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 2,000 เมตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ชั้นปีที่ 1-3 อายุระหว่าง 18-22 ปี โดยคัดเลือกประชากรที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และมีไขมันมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 คน สุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (simple random sampling) จำนวน 20 คน เพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยโดยแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 10 คน คือ กลุ่มตัวอย่างที่ 1 การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติภายหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (RT + N) และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในสภาวะพร้อมออกซิเจน ที่ความสูง 2,000 เมตรภายหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (RT + Hy 2,000)

เกณฑ์การคัดเข้า

ไม่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อ

มีไขมันมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

มีดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก.ต่อตารางเมตร

เกณฑ์การคัดออก

ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยตามกรอบเวลาที่กำหนด

กลุ่มตัวอย่างประสงค์ที่จะออกจากการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ตัวแปรอิสระ (independent variable)

โปรแกรมการฝึก 2 รูปแบบ ดังนี้

1.1 การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติ ภายหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (RT+N)

1.2 การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจน ที่ความสูง 2,000 เมตร ภายหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (RT+Hy 2,000)

ตัวแปรตาม (dependent variable)

การตอบสนองของอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรและขณะออกกำลังกาย

การทบทวนวรรณกรรม

โรคอ้วนเป็นภัยเงียบที่ส่งผลต่อการสูญเสียชีวิตก่อนวัยอันควรและยังเป็นปัญหาของโรคความดัน โรคข้อเข่าเสื่อม เป็นต้น ซึ่งจากรายงานสุขภาพ พ.ศ. 2557 พบว่า สุขภาพของคนไทย 1 ใน 10 เป็นโรคอ้วน ซึ่งเกิดจากการขาดการออกกำลังกายและการรับประทานอาหารที่มากเกินไปจนความจำเป็นโดยโรคอ้วนที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. อ้วนทั้งตัว ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีไขมันทั้งร่างกายมากกว่าปกติ โดยไขมันที่เพิ่มมีได้จำกัดอยู่ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง

2. โรคอ้วนลงพุง (abdominal obesity) ผู้ป่วยกลุ่ม นี้จะมีไขมันในอวัยวะภายในช่องท้องมากกว่าปกติและอาจจะมีไขมันใต้ผิวหนังหน้าท้องเพิ่มขึ้นด้วย

3. โรคอ้วนลงพุงร่วมกับอ้วนทั้งตัว มีไขมันมากทั้งตัวและอวัยวะภายในช่องท้อง (ถาวร, 2553)

หากค่าดัชนีมวลกาย (body mass index หรือ เรียกว่า BMI) ตั้งแต่ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ขึ้นไป เรียกว่า น้ำหนักตัวเกิน แต่ถ้ามีค่าดัชนีมวลกายตั้งแต่ 30 ขึ้นไป เรียกว่า เป็นโรคอ้วน ซึ่งค่าดัชนีมวลกายคำนวณได้จากวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เหมาะสมกับบุคคลทั่วไปทุกเพศทุกวัยแต่ในบางกรณีอาจจะไม่สามารถประเมินการสะสมของไขมันในร่างกายได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากบุคคลจำเพาะกลุ่มเช่น นักเพาะกายที่มีมวลกล้ามเนื้อมากดัชนีมวลกายจึงสูงแต่ไม่ได้หมายความว่าไขมันสูงมาก เพราะฉะนั้นแล้ว การประเมินไขมันในร่างกายก็เป็นอีกวิธีที่จะช่วยแยกและบ่งบอกความชัดเจนได้มากกว่าดัชนีมวลกาย จากปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการมีน้ำหนักตัวเกิน ทำให้คนส่วนใหญ่เริ่มสนใจที่จะดูแลไม่ให้มีน้ำหนักตัวเกิน และควบคุมน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ การออกกำลังกายเป็นกิจกรรมที่ได้รับการพิสูจน์เกี่ยวกับผลต่อการลดไขมันส่วนเกินและดำเนินถึงสุขภาพให้ดีขึ้น การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นที่นิยมสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักตัวโดยใช้ความหนักเบาและต่อเนื่อง ทั้งนี้สามารถกำหนดความหนักโดยใช้สูตรการเต้นของหัวใจสำรอง จากวิธีการของ คาร์โรวเนน (Heyward 1984) $\text{Target HR} = [(220 - \text{อายุ}) - \text{HR rest}] \times \text{เปอร์เซ็นต์ความหนัก} + \text{HR rest}$ โดย นฤมล (2553) ได้แบ่งระดับความหนักไว้ 3 รูปแบบ คือ

1. การออกกำลังกายระดับเบา (light exercise) เป็นระดับที่ร่างกายมีอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
2. การออกกำลังกายระดับปานกลาง (moderate exercise) เป็นระดับที่ร่างกายมีอัตราการเต้นหัวใจประมาณ 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
3. การออกกำลังกายระดับหนัก (heavy exercise) เป็นระดับที่ร่างกายมีอัตราการเต้นหัวใจมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

จากการศึกษาข้อมูล พบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านจะช่วยในเรื่องของอัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก (Park et al., 2003) เนื่องจากกล้ามเนื้อเป็นส่วนที่ใช้พลังงาน เมื่อมีขนาดของกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้นจะส่งผลให้การใช้พลังงานมากขึ้นตามไปด้วย แต่ยังคงขึ้นอยู่กับสมมูลพลังงานที่ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Vanhelder et al. (1984) ที่ศึกษาการออกกำลังกายแบบแรงต้านในท่า leg press ที่ความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ ของ 7 RM ช่วยให้ระดับโกรทฮอร์โมน (growth hormone) เพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนัก 28 เปอร์เซ็นต์ ของ 7 RM ไม่มีผลต่อการกระตุ้นฮอร์โมนอิพิเนฟริน (epinephrine) นอร์เอพิเนฟริน (norepinephrine) และโกรทฮอร์โมน เช่นเดียวกับ Goto et al. (2007) ที่พบว่า การออกกำลังกายที่ระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (submaximal) ภายหลังการฝึกแรงต้านช่วยให้อัตราการเผาผลาญไขมันเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ เสาวลักษณ์ (2551) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับแรงต้าน จากการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบผู้มีน้ำหนักตัวปกติกับน้ำหนักตัวเกิน ผลปรากฏว่าค่าอัตราการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นในกลุ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิก พร้อมกับแรงต้านทั้งในกลุ่มน้ำหนักตัวปกติและกลุ่มน้ำหนักตัวเกิน ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันจะลดลงในกลุ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิก พร้อมกับแรงต้านทั้งในกลุ่มน้ำหนักตัวปกติและน้ำหนัก จากการศึกษานี้ของ David et al., 1998 พบว่าเมื่อนักปีนเขากลับลงมาจากปีนเขาจะสูญเสียไขมันและน้ำหนักตัว เป็นที่น่าสังเกตว่าเกิดจากอะไร นักวิจัยหลายคนก็พยายามหาสิ่งที่คิดว่าน่าจะเป็นไปได้ในเรื่องของสภาพแวดล้อมภูมิประเทศโดยการฝึกบนที่สูงนั้นเพิ่งได้รับความนิยมเมื่อ 10 กว่าปีที่ผ่านมานี้ โดย Wiesner et al. (2009) ศึกษาการออกกำลังกายแบบ

แอโรบิกในกลุ่มสภาวะพร้อมออกซิเจนพบว่าช่วยเผาผลาญพลังงานและองค์ประกอบของร่างกายได้ดีกว่าในกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติ โดยความสูงที่ระดับ 1,500 เมตร ขึ้นไปจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายและการเผาผลาญไขมัน (Kenny et al., 2012) สอดคล้องกับ Hans and Michael (2001) พบว่าการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในสภาวะพร้อมออกซิเจนกับสภาวะปกติส่งผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน Nikolaus et al. (2008) พบว่าการออกกำลังกายในสภาวะพร้อมออกซิเจนในบรรยากาศที่ระดับปานกลางเข้าอาศัยอยู่หรือใช้ชีวิตประจำวันในสภาวะปกติมีผลต่อการลดไขมันระดับน้ำตาลในเลือดและความอยากอาหารไม่แตกต่างกันกลุ่มที่ออกกำลังกายและอาศัยอยู่ในสภาวะพร้อมออกซิเจน เห็นได้ว่าการศึกษานี้เกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านเพื่อลดน้ำหนัก โดยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนหลังการออกกำลังกายแบบแรงต้าน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายหลังการฝึก แต่เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่มากพอในด้านการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงของการออกกำลังกายในสภาวะพร้อมออกซิเจนของคนที่น้ำหนักตัวเกินโดยเฉพาะอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีพอร์ และงานขณะออกกำลังกาย ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะทำการฝึกจริงในสภาวะพร้อมออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงที่มีการรายงานถึงผลการเปลี่ยนแปลงต่อองค์ประกอบของร่างกายได้ดีกว่าความสูงระดับอื่น ๆ (Wiesner et al., 2009) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากซีพอร์ และงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร้อมออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร หลังเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ ด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติและในสภาวะพร้อมออกซิเจนที่ระดับความสูง 2,000 เมตร หลังการฝึกแรงต้าน

วิธีการวิจัย

กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้นำรายละเอียดและข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อยินดีที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัย ให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ ก่อนการทดลองทำการหาค่าน้ำหนักในการฝึกระหว่าง 12-15 RM ของแต่ละคน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการฝึกแรงต้าน โดยทำการออกกำลังกายแบบแรงต้านจำนวน 6 ท่า ประกอบไปด้วย ท่า chest press ท่า half squat ท่า lat pulldown ท่า leg extension ท่า shoulder press และ ท่า leg curl

2. จับสลากเข้ากลุ่มโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย (simple random sampling) โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปกติภายหลังการฝึกแรงต้าน

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนที่ความสูง 2,000 เมตร ภายหลังการฝึกแรงต้าน

3. กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกแรงต้านจำนวน 3 เซต พักระหว่างเซต 1.30 นาที พักระหว่างท่า 5 นาที เมื่อเสร็จการฝึกแรงต้านพัก 5 นาที และทำการออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง (tread mill) ที่ระดับความหนักระดับ 60-65 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (%HRR) ทั้ง 2 กลุ่ม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 วิ่งบนลู่วิ่งในสภาวะปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ 2 วิ่งบนลู่วิ่งโดยสวมหน้ากากและต่อกับ

เครื่องจำลองสภาวะอากาศบนที่สูง (Altitude Training Systems รุ่น ATS-HP or High Performance ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย) โดยมีการควบคุมระดับออกซิเจนให้เหลือ 16% ซึ่งเทียบเท่าที่ระดับความสูง 2,000 เมตร ผู้วิจัยทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นหัวใจที่แสดงผลด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ (เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจชนิดไร้สาย เครื่องหมายการค้า Polar ประเทศฟินแลนด์) และเครื่องวัดค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจร (เครื่องวัดออกซิเจนในเลือด เครื่องหมายการค้า Nonin รุ่น Model 9570 ผลิตจากประเทศเยอรมนี) ทุก 2 นาที จนเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย

4. ในช่วง 2 สัปดาห์ของการฝึกกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ทำการฝึกในวันและเวลาเดียวกันของทุกวัน จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์โดยมีเวลาพักระหว่างครั้งถัดไป 2 วัน

5. หลังจากการฝึก 2 สัปดาห์ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร ($O_2 = 14.3\%$) ที่ระดับความหนัก 60-65%HRR และทดสอบการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่นเดียวกับการฝึกในช่วง 2 สัปดาห์

6. กำหนดค่าของงานขณะฝึกจากความเร็วของการวิ่งบนลู่วิ่งในช่วงเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ และการฝึกบนที่สูงที่ระดับ 3,000 เมตร เพื่อไปคำนวณหาค่าทางสถิติเช่นเดียวกับอัตราการเต้นหัวใจและค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจร

การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. กำหนดค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย น้ำหนักที่ใช้ฝึกแรงต้าน และอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจร และงานขณะออกกำลังกาย

2. ทดสอบการแจกแจงแบบโค้งปกติของทุกตัวแปรโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test (w-test)

3. ทดสอบความแตกต่างของ อัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจร และงานขณะออกกำลังกาย โดยใช้สถิติ t-test

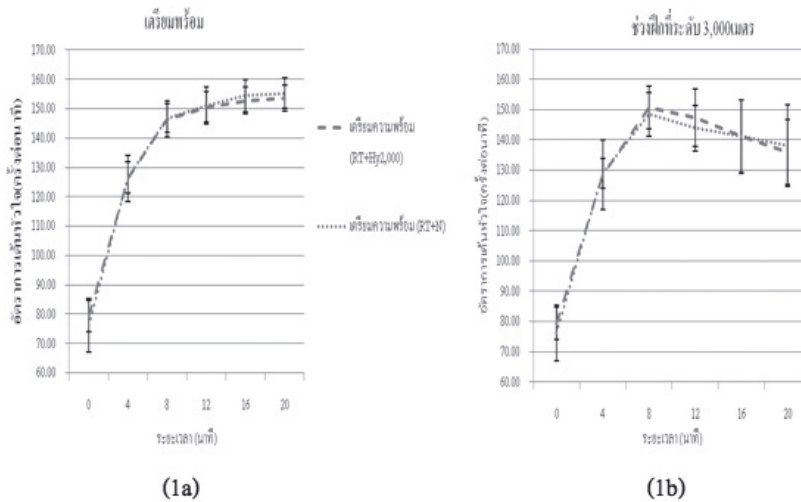
4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

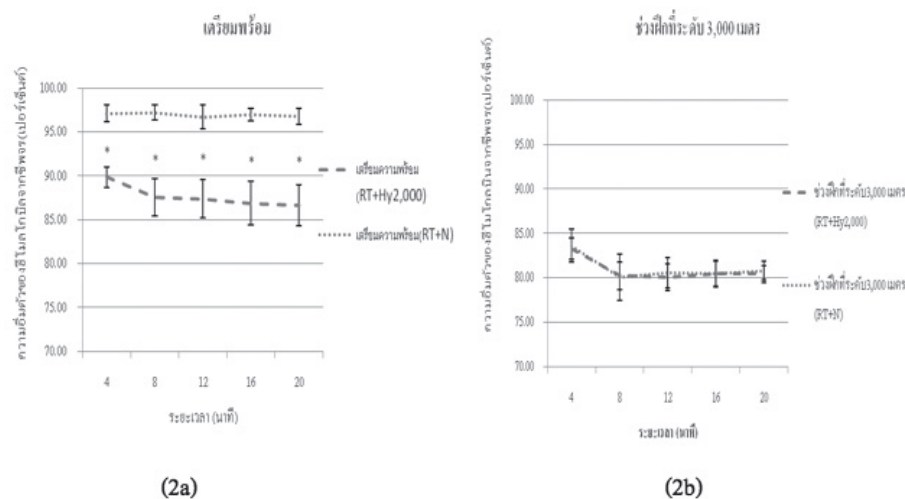
การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองอัตราการเต้นหัวใจ ความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจร และงานขณะออกกำลังกายในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 3,000 เมตร หลังเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ โดยลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (RT+N) และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 (RT+Hy2000) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ได้แก่ อายุ (19.44 ± 0.75 vs 20.09 ± 1.30 ปี; $p>0.05$) น้ำหนัก (78.42 ± 12.52 vs 80.16 ± 14.13 กิโลกรัม; $p>0.05$) ส่วนสูง (165 ± 9.97 vs 168.73 ± 8.60 เซนติเมตร; $p>0.05$) ดัชนีมวลกาย (28.57 ± 2.75 vs 28.08 ± 3.94 กก.ต่อตร.ม; $p>0.05$) และไขมัน (33.60 ± 4.48 vs 32.59 ± 6.33 ; $p>0.05$)

ค่าอัตราการเต้นหัวใจของทั้งสองกลุ่มอยู่ระหว่าง 126–155 ครั้งต่อนาที เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดอัตราการเต้นของหัวใจโดยคิดคำนวณจากช่วงอายุซึ่งอายุของผู้ทดสอบนั้นมีความใกล้เคียงกันจึงทำให้ค่าอัตราการเต้นหัวใจอยู่ที่ 60-65 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง และเมื่อฝึกที่ระดับ 3,000 เมตร โดยค่าอัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 อยู่ระหว่าง 130 - 146 ครั้งต่อนาที (ภาพ 1a) และ

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าอัตราการเต้นหัวใจอยู่ระหว่าง 120 - 150 ครั้งต่อนาที (ภาพ 1b) จะสังเกตได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 มาจากสภาพอากาศที่หายใจเข้าไปและค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจรจากชีพจรนั้นมีค่าน้ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงลดการวิ่งลงเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อผู้ทดสอบ ทำให้ค่าอัตราการเต้นหัวใจในช่วงหลังมีจำนวนน้ำลงซึ่งแตกต่างจากในช่วงฝึก 2 สัปดาห์แรก

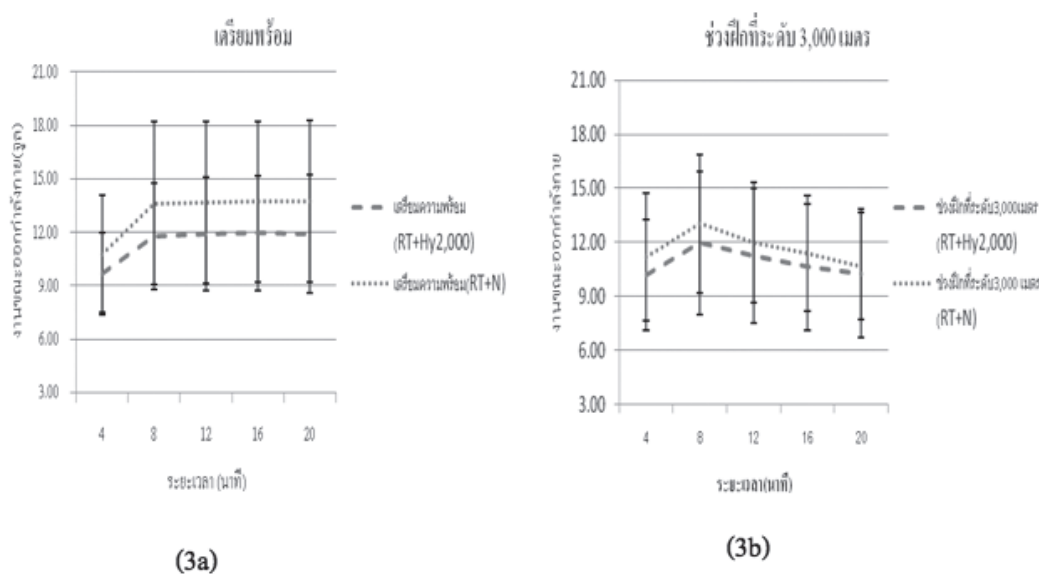


ภาพที่ 1 อัตราการเต้นหัวใจของกลุ่มตัวอย่างชายและหญิงในการช่วงฝึกเตรียมความพร้อมที่ระดับ 2,000 เมตร (RT+Hy2,000) และสภาพอากาศปกติ (RT+N) (ภาพ 1a) และหลังการฝึกที่ระดับ 3,000 เมตร ของทั้งสองกลุ่ม (ภาพ 1b)



ภาพที่ 2 ความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจรของกลุ่มตัวอย่างชายและหญิงในการช่วงฝึกเตรียมความพร้อมที่ระดับ 2,000 เมตร (RT+Hy2,000) และสภาพอากาศปกติ (RT+N) (ภาพ 2a) และหลังการฝึกที่ระดับ 3,000 เมตร ของทั้งสองกลุ่ม (ภาพ 2b) (*) หมายถึง ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.000$)

จากภาพที่ 2 ค่าความอึดตัวออกซิเจนในฮีโมโกลบินจากชีพจร พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ของช่วงเตรียมความพร้อม (ภาพ 2a) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีออกซิเจนอยู่ที่ระดับประมาณ 16.3 เปอร์เซ็นต์จากระดับน้ำทะเล เสมือนงานวิจัยนี้อยู่บนภูเขาที่ระดับ 2,000 เมตร แต่ในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 หายใจในสภาพอากาศปกติโดยมีระดับออกซิเจนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์จากระดับน้ำทะเล ทำให้ค่าออกซิเจนในเลือดมีความแตกต่างกันและในช่วงฝึกที่ระดับ 3,000 เมตร (14.3%) (ภาพ 2b) พบว่า ค่าของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการที่กลุ่มตัวอย่างได้รับออกซิเจนเท่ากันจึงทำให้ค่าของกลุ่มตัวอย่างใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3 งานขณะออกกำลังกายของกลุ่มตัวอย่างชายและหญิง ในการช่วงฝึกเตรียมความพร้อมที่ระดับ 2,000 เมตร (RT+Hy2,000) และสภาพอากาศปกติ (RT+N) (ภาพ 3a) และหลังการฝึกที่ระดับ 3,000 เมตร ของทั้งสองกลุ่ม (ภาพ 3b)

คำนวณในแต่ละช่วง ทุก 4 นาที โดยคิดคำนวณจากสูตรของ Power (2009) vertical displacement = % grade $\times$ distance ดังนั้นในช่วง 2 สัปดาห์ของการเตรียมความพร้อมจะพบว่าค่างานของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพ 3a) เนื่องจากออกซิเจนที่ได้รับเข้าไปมีปริมาณไม่เท่ากันทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อของทั้งสองกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับออกซิเจนมากกว่านั้นทำงานได้มากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างไรก็ตามทำให้ผลของงานมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันโดยดูจากอัตราการเต้นของหัวใจที่กำหนดระดับความหนัก และในช่วงการฝึกที่ระดับความสูง 3,000 เมตร (ภาพ 1b) พบว่า ในช่วงเตรียมความพร้อมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (RT+N) นั้นสามารถทำได้มากกว่าจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้ร่างกายมีการตอบสนองการทำงานได้ดีกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 2 (RT+Hy2,000)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการตอบสนองและการเปรียบเทียบอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรและงาน ในการฝึกแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจนหลังการฝึกแรงต้าน และแอโรบิกในสภาวะปกติภายหลังฝึกแรงต้าน โดยการศึกษาในประเด็นดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับผลของการลดน้ำหนักตัวและไขมันในร่างกาย ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการฝึกแรงต้านมีผลช่วยให้ไขมันลดลงได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก หรือการออกกำลังกายแบบแรงต้านเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง (Park et al., 2003) ในการศึกษา David et al. (1998) พบว่าเมื่อนักปีนเขา กลับลงมาจากการปีนเขาจะมีการสูญเสียไขมันและน้ำหนักตัว รวมทั้ง Kenney et al. (2012) ยังได้รายงานว่าความสูงตั้งแต่ 1,500 เมตร เป็นต้นไป สามารถส่งผลที่ดีต่อสมรรถภาพทางร่างกาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับแรงต้านที่ระดับความสูงอาจช่วยให้การลดน้ำหนักเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมกับคนน้ำหนักตัวเกินหากมีการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะพร้อมออกซิเจน เพื่อมุ่งผลต่อการลดน้ำหนักตัวและไขมันส่วนเกิน จึงศึกษาโดยมีการเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ก่อนจะมีการฝึกจริงที่ความสูงระดับ 3,000 เมตร พบว่า การตอบสนองอัตราการเต้นหัวใจ ความอึดตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจร และงานในช่วงการฝึก 2 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจและงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดความหนักของอัตราการเต้นหัวใจให้อยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง สอดคล้องกับ นฤมล (2553) ได้แบ่งระดับความหนักของการออกกำลังกายระดับปานกลาง (moderate exercise) ซึ่งเป็นระดับที่ร่างกายมีอัตราการเต้นหัวใจประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ซึ่งเลื่อนั้นจะมีหน้าที่ลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนเข้าไปให้กล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์มีมากขึ้นทำให้ร่างกายต้องรักษาสมดุลโดยมีการกำจัดออก คือ การให้หายใจเร็วขึ้นประกอบกับกล้ามเนื้อยังต้องการออกซิเจนในการเคลื่อนไหวทำให้ค่าในกลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าออกซิเจนในเลือดน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 1 ซึ่งค่าออกซิเจนนั้นก็มีความสัมพันธ์กับค่างานขณะออกกำลังกายโดยจะสังเกตได้ว่าในช่วงเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (RT+N) ได้รับออกซิเจนมากกว่าจึงทำให้ค่างานในขณะออกกำลังกายมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ 2 (RT+Hy2000) เมื่อได้รับออกซิเจนที่น้อยกว่าเป็นผลให้งานในขณะออกกำลังกายทำได้น้อยกว่านั่นเอง

การตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ระดับความสูง 3,000 เมตร 2 สัปดาห์ หลังจากเตรียมพร้อม พบว่าอัตราการเต้นหัวใจ ค่าความอึดของฮีโมโกลบินจากชีพจร และ งาน ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (RT+N) มีแนวโน้มค่าของงานมากกว่า ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีค่าเตรียมความพร้อม 2 สัปดาห์ สูงกว่าเพราะการได้รับออกซิเจนที่เป็นแนวทางการทำงาน จึงส่งผลต่อค่ากระบวนการสันดาปพลังงานให้มีประสิทธิภาพและสนับสนุนให้ร่างกายมีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (RT+Hy2,000) งานในช่วงเตรียมความพร้อมมีค่าน้ำหนักกว่าซึ่งเป็นผลดีต่อการลดปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บที่มีต่อการวิ่งได้ ทั้งนี้ผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับ 3,000 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปรของการตอบสนองการออกกำลังกาย ซึ่งน่าจะเป็นแนวทางที่นำไปใช้ในการเตรียมความพร้อมที่ระดับ 2,000 เมตรก่อนที่จะฝึก 3,000 เมตร

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมด้านจิตวิทยาการกีฬา โดยเพิ่มตัวแปรการประเมินการรับรู้ของจิตใจว่าภายหลังการออกกำลังกายในช่วงระยะเวลา 2 สัปดาห์ที่ระดับปกติ และ ระดับ 2,000 เมตรและระดับ 3,000 เมตร และศึกษากลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อนำไปใช้กับคนที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาวะน้ำหนักร่างกายได้ทุกประเภท และหากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรเพิ่มการควบคุมอาหารของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการฝึก และเพิ่มระยะเวลาการฝึกให้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ถาวร มาตั้น. (2553). โรคอ้วน: ภัยคุกคามสุขภาพคนไทย. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 40, 356-364.
- สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ และสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. (2557). **ชุมชนท้องถิ่นจัดการตนเอง.** สุขภาพคนไทย. 1-11.
- นฤมล ลีลาวัฒน์. (2553). **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย** (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เสาวลักษณ์ สุรลักษ์. (2551). **การเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับแรงต้าน.** ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- David, A.T. and J.M. Stager. (1998). **Partitioned weight loss and body composition changes during a mountaineering expedition: a field study.** Wilderness and Environmental Medicine. 9, 143-152.
- Goto, K., N. Ishii, S. Sugihara, T. Yoshioka and K. Takamatsu. (2007). **Effects of resistance exercise on lipolysis during subsequent submaximal exercise.** Medicine and Science in Sports and Exercise 39, 308-315.
- Hoppeler, H. and M. Vogt. (2001). **Muscle tissue adaptations to hypoxia.** Journal of Experimental Biology. 204, 3133-3139.
- Kang, J., S.L. Rashti, C.P. Tranchina, N.A. Ratamess, A.D. Faigenbaum and J.R. Hoffman. (2009). **Effect of preceding resistance exercise on metabolism during subsequent aerobic session.** Journal of Applied Physiology. 107, 43-50.
- Kenney, W.L., J. Vilmore and D. Costill. (2012). **Exercise at Attitude.** In Kenney, W.L., J. Vilmore and D. Costill. (Eds.), **Physiology of sport exercise with web study guide** (5th ed.). (pp. 309-332). Courier companies, Inc. USA.
- Kirk, E.P., J.E. Donnelly, B.K. Smith, J. Honas, J.D. LeCheminant, B.W. Bailey, D.J. Jacobsen and R.A. Washburn. (2009). **Minimal Resistance Training Improves Daily Energy Expenditure and Fat Oxidation.** Medicine and Science in Sports and Exercise. 41, 1122-1129.
- Nikolaus, N.C., R. Chytra and T. Kupper. (2008). **Low intens physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia.** Sleep Breath Journal. 12, 129-134.

- Ormsbee, M.J., J.P. Thyfault, E.A. Johnson, R.M. Kraus, M.D. Choi and R.C. Hickner. (2007). **Fat Metabolism and Acute Resistance Exercise in Trained Men.** Journal of Applied Physiology. 102, 1767-1772.
- Park, S.K., J.H. Park, Y.C. Kwon, H.S. Kim, M.S. Yoon and H.T. Park. (2003). **The effect of combined aerobic and resistance exercise training on abdominal fat in obese middle-aged women.** Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science. 22, 129-135.
- Power, S.K. (1950). **Exercise physiology.** In S.powers and E.Howley (Eds.), Theory and application to fitness and performance. (pp 110-111). ICC Macmillan Inc.
- Vanhelder, W.P., M.W. Radomski and R.C. Goode. (1984). **Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men.** European Journal of Applied Physiology. 53, 31-34.
- Wiesner, S., S. Haufe, S. Engeli, H. Mutschle, U. Haas, F.C. Luft and J. Jordan. (2009). **Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight obese subjects nature publishing group advance online publication.** Intervention and Prevention. 18, 116-120.
- Wilber, R.L. (2011). **Application of altitude/hypoxic training by elite athletes.** Journal of Human Sport and Exercise. 6, 1-14.