

ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังวิกฤต และความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตร ในนักกีฬาเรือพายระดับมหาวิทยาลัย

ศรัณย์ หิรัญพันธุ์ และ ทศพร ยิ้มลมัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 3 July 2561 / Revised: 2 June 2563 / Accepted: 10 July 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังวิกฤตและความสามารถในการพายเรือระยะ 2,000 เมตรในนักกีฬาเรือพายระดับมหาวิทยาลัย

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬาเรือพายอายุระหว่าง 19-24 ปี จำนวน 18 คน จากชมรมเรือพายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้สมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเกณฑ์ ได้แก่ กลุ่มทดลอง (Hypoxic group, n=9) ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ ($F_{iO_2} = 15.3\%$) และกลุ่มควบคุม (Normoxic group, n=9) ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ($F_{iO_2} = 20.9\%$) ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง 85-98% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) จำนวน 6 เซต เซตละ 30 วินาที พักระหว่างเซต 60 วินาที 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิก (Maximal oxygen uptake VO_{2max}) พลังวิกฤต (Critical power, CP) และ ความสามารถในการพายระยะทาง

2,000 เมตร นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ การทดสอบค่าที กำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย ก่อนการทดลองทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของอายุน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ทั้งสองกลุ่ม มีค่าเฉลี่ยของงานสูงสุดที่ทำได้ VO_{2max} และจุดกั้นแอนแอโรบิก ไม่แตกต่างจากก่อนทดลอง ขณะที่ค่าเฉลี่ยของ CP เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่ม

สรุปผลการวิจัย การฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ ($FiO_2 = 15.3\%$) เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถพัฒนาพลังวิกฤตและความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตรในนักกีฬาเรือพายมหาวิทยาลัยได้ไม่แตกต่างจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและความดันบรรยากาศปกติ

คำสำคัญ: พลังวิกฤต, การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง, การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ, กีฬาเรือพาย

EFFECT OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON AEROBIC CAPACITY, CRITICAL POWER, AND 200M ROWING PERFORMANCE IN VARSITY ROWERS

Saran Hiranphan and Tossaporn Yimlamai

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 3 July 2561 / Revised: 2 June 2563 / Accepted: 10 July 2563

Abstract

The purpose of this study was to compare the efficacy of high-intensity interval training (HIIT) in normobaric hypoxia and normoxia on aerobic capacity, critical power, and rowing performance in varsity Rowers.

Methods:

Nineteen varsity rowers, aged 19-24 years old, from Chulalongkorn University rowing club, were recruited to participate in this study. The participants were randomly assigned to either the hypoxic group. (M=5,F=4) or normoxic group. (M=5,F=4) Both group completed HIIT (6 sets x 30s, 60s rest interval at 85-98%HRmax) on a rowing ergometer (Concept II) twice a week over a period of 6 weeks in addition to normal training. The hypoxic group trained in a hypoxic room with F_{I_2} of 15.3%, whereas the normoxic group trained at sea-level. Maximal oxygen uptake (VO_{2max}), ventilation threshold(VT), critical power (CP) and 2,000 m time trial were measured before and after 6 weeks of training at normoxia. Data were expressed as means $\pm$ S.D. and analyzed using

the dependent and independent sample t-test with a statistical significant at p-value <0.05

Results:

There were no significant differences in the mean of age, body weight, BMI, percent fat, and lean body mass between groups before training. After 6 weeks of HIIT, both groups showed no significant changed in peak power output, VO_{2max} and VT, but increased CP when compared to prior training (p<0.05). These changes were concomitant with an improvement of 2,000 m rowing time trial, with no difference detected between groups.

Conclusion:

Our results demonstrated that an addition of a 6-week of HIIT program to normal training elicited in improvements of CP and rowing performance in varsity rowers, regardless of hypoxic condition.

Key Words: Maximum Oxygen Uptake, Critical Power, High-Intensity Interval Training, Hypoxia, Rowing Performance

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกีฬาเรือพายจัดเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจะเห็นได้จากการจัดการแข่งขันกันทั้งในระดับชาติเช่น กีฬายาวชนแห่งชาติ กีฬาแห่งชาติ ซึ่งแชมป์ประเทศไทย และระดับนานาชาติ ได้แก่ กีฬาซีเกมส์ เอเชียนเกมส์ และโอลิมปิกเกมส์ เป็นต้น นักกีฬาเรือพายที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันนั้น ต้องอาศัยความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ และความทนทานของระบบไหลเวียนเลือด และระบบหายใจ ตลอดจนมีกลยุทธ์และเทคนิคในการพายที่มีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการแข่งขันกีฬาเรือพายระยะ 2,000 เมตร เป็นการแข่งขันที่ทำหาย เพราะจะต้องอาศัยพลังงานจากทั้งระบบแอโรบิก (70-80%) และแอนแอโรบิก (10-20%) (Hagerman, 1978) ดังนั้นนักกีฬาเรือพายที่มีสมรรถภาพด้านแอโรบิกสูงจึงมีโอกาสดูประสบความสำเร็จสูง โดยตัวแปรที่สำคัญที่นิยมใช้บ่งชี้ถึงสมรรถภาพด้านแอโรบิกของนักกีฬาเรือพายคือ สมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และจุดกั้นแลคเตท (Lactate threshold) (Secher, 1983)

ดังนั้นนักกีฬาเรือพายที่มีสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกที่ดีจึงมีข้อได้เปรียบในการแข่งขัน นอกจากนี้ พูลและคณะ (Poole & Jones, 2016) ได้กล่าวว่าพลังวิกฤต (Critical power) ซึ่งหมายถึงระดับงานสูงสุดขณะออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง โดยที่ไม่เกิดอาการเมื่อยล้าหรือหมดแรง (Exhaustion) ซึ่งจะมีค่าอยู่กึ่งกลางระหว่างจุดกั้นแลคเตท (Lactate threshold) และสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เป็นตัวแปรสำคัญที่เป็นตัวกำหนดสมรรถภาพด้านแอโรบิกของนักกีฬาและจะมีค่าสูงขึ้นภายหลังการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Endurance training) (Jones & Carter, 2000)

การฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักระดับสูง

(High-intensity interval training, HIIT) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมมาก ทั้งนี้เนื่องจากการฝึก HIIT สามารถช่วยพัฒนาระบบพลังงานทั้งระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก และใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการฝึกแบบแอโรบิกปกติทั่วไป (Foster et al., 2015) แฮร์ริสันและคณะ (Harrison, Ní Chéilleachair, & Warrington, 2017) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบต่อเนื่อง (Long slow distance) และการฝึก HIIT ในนักกีฬาเรือพายเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ฝึก HIIT สามารถพัฒนาสมรรถภาพของการพายระยะ 2,000 เมตรและ VO_{2max} ได้ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบดั้งเดิม สอดคล้องกับดิลเลอร์และเฟล (Driller, Fell, Gregory, Shing, & Williams, 2009) พบว่า การฝึกแบบ HIIT 8 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา 2.5 นาทีต่อครั้ง ที่ความหนัก 90% ของ VO_{2peak} เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการพาย 2,000 เมตรลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ อัคคาและคณะ (Akca & Aras, 2015) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึก HIIT และการฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักเหนือจุดสูงสุด (Supramaximal interval training, SMIT) ในนักกีฬาเรือพาย พบว่า โปรแกรมการฝึกทั้ง 2 แบบสามารถเพิ่มสมรรถภาพในการพายระยะ 2,000 เมตร และพลังสูงสุด (Peak power output) ได้ไม่แตกต่างกัน

ปัจจุบันการฝึกซ้อมบนที่สูง 1,500-4,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (High altitude training) ได้รับการยอมรับว่าสามารถช่วยเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดแดงและปริมาณฮีโมโกลบิน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนและสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาที่ต้องอาศัยความทนทานของระบบไหลเวียนเลือด (Aerobic capacity) โดยยูนและคณะ (Yoon & Lee, 2014) ได้ทำการฝึก HIIT ในห้อง

จำลองสภาวะออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Hypoxic room) เทียบเท่าระดับความสูง 2,500 เมตร ในนักกีฬาบาสเกตบอล เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า VO_{2max} เพิ่มขึ้นทั้งกลุ่มทดลอง (6.5%) และ กลุ่มควบคุม (7.8%) สอดคล้องกับทฤษฎีและคณะ (Truijens, Toussaint, Dow, & Levine, 2003) พบว่าทำการฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักระดับสูง (High-intensity hypoxic training) ในนักกีฬา วัยน้ำเป็นเวลา 5 สัปดาห์บนสถานที่จำลองความสูง 2,500 เมตร สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพของการว่ายน้ำและสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้

จากที่กล่าวมาผลการศึกษาเกี่ยวกับการฝึก HIIT ภายใต้สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากใช้นักกีฬาต่างชนิดกันหรือใช้ระดับความสูงที่ใช้ในการฝึกซ้อม รวมทั้งโปรแกรมการฝึกซ้อมที่แตกต่างกัน ถึงกระนั้นก็ตามการศึกษเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาเรือพายยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและพลังวิฤต ในนักกีฬาเรือพายชายระดับมหาวิทยาลัย เพื่อที่จะนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการฝึกซ้อมแก่ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริม HIIT ที่มีผลต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิกและพลังวิฤตในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและปกติของนักกีฬาเรือพาย
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเสริม HIIT ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีผลต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิกและพลังวิฤตของนักกีฬาเรือพายก่อนและหลังการฝึก

เป็นเวลา 6 สัปดาห์

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกเสริมแบบ HIIT ที่สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังวิฤต และความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตร ในนักกีฬาเรือพายได้ดีกว่าการฝึกเสริม HIIT ในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2560

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเรือพาย จากชมรมเรือพาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 19-24 ปี ทั้งเพศชายและหญิง โดยได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวนทั้งหมด 18 คน (คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางของโคเฮน (Cohen, 1988) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ $(1-\beta)$ เท่ากับ 0.8 ระดับความมีนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 และขนาดผลกระทบที่ 0.80 จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 9 คนเท่าๆกัน ด้วยวิธีการจับคู่ (Matched pair) โดยใช้ค่า VO_{2max} เป็นเกณฑ์ ดังนี้

กลุ่มทดลอง (Hypoxic group) ทำการฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักระดับสูง ในสภาวะออกซิเจนต่ำ ($F_{iO_2} = 15.3\%$ หรือ เทียบเท่ากับความสูง 2,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล) ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ

(Hypoxic room) ร่วมกับการฝึกซ้อมปกติเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

กลุ่มควบคุม (Normoxic group) ทำการฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนกระดับสูงในสภาวะออกซิเจนปกติ ($F_{I}O_2 = 20.9\%$ หรือ เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล) ภายในห้องฝึกออกซิเจนปกติร่วมกับการฝึกซ้อมปกติเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. นำโปรแกรมการฝึก HIIT ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{I}O_2 = 15.3\%$ เทียบเท่ากับความสูง 2,500 เมตร) และโปรแกรมการฝึก HIIT ในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ($F_{I}O_2 = 20.9\%$ หรือ เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล) ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) เท่ากับ 0.76

3. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานอาจารย์ที่ปรึกษาขอมรเรือใบและเรือพายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์นักกีฬาเรือพาย มาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 20 คน และชี้แจงวัตถุประสงค์ขั้นตอนวิธีการฝึกและขอความร่วมมือนักกีฬาในการฝึกตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยกำหนดแก่กลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย

4. บันทึกข้อมูลพื้นฐานได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง

5. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยตัวแปรที่ทำการทดสอบมีดังนี้

5.1 วัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานรุ่น ไชคลัส 2 (CYCLUS 2) เริ่มต้น

ที่ความหนัก 20 วัตต์เป็นเวลา 5 นาที (Warm-up) หลังจากนั้นเพิ่มความหนัก 20 วัตต์ทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งผู้ถูกทดสอบมีอาการล่า ไม่สามารถปั่นจักรยานได้ตามความเร็วรอบที่กำหนด (70 รอบต่อนาที) แม้ว่าจะพยายามเต็มที่แล้วและผู้ทดสอบกระตุ้นให้ปั่นจักรยานต่อเต็มที่แล้ว ในขณะที่ปั่นจักรยานทำการวัดอัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) อัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) อัตราการระบายอากาศ (VE) และสัดส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซ (RER) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cortex Metamax 3B) ตลอดการทดสอบ

5.2 การทดสอบพลังวิฤต (Three minutes all out test)

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการปั่นจักรยานวัดงานรุ่น ไชคลัส 2 (CYCLUS 2) โดยไม่มีแรงต้าน เป็นเวลา 5 นาที (Warm-up) จากนั้นทำการปรับความหนักเป็น 100 วัตต์ สำหรับนักกีฬาหญิง และ 200 วัตต์ สำหรับนักกีฬาชาย โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทำการปั่นต่อเนื่อง โดยออกแรงเต็มที่ เป็นระยะเวลา 3 นาที นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสมการไฮเปอร์โบล่า (Hyperbolic equation) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าพลังสูงสุด พลังวิฤต (CP) และงานที่ทำได้แบบไม่ใช้ออกซิเจน (W') (Vanhatalo, et. al., 2008)

5.3 วัดความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตร

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบความสามารถในการพาย โดยเริ่มดึงเครื่องกรเชียงวัดงาน (Rowing ergometer) Concept II model D ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นระยะเวลา 3 นาที (Warm-up) จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงดึงเครื่องกรเชียงบก โดยใช้ความพยายามสูงสุดเป็นระยะทาง 2,000 เมตร บันทึกระยะเวลาที่ใช้ หน่วยเป็นนาที

6. กลุ่มทดลอง ทำการฝึกในห้องสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{I}O_2 = 15.3\%$) เทียบเท่าความสูงระดับ

2,500 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง (HIIT) ประกอบด้วย การออกกำลังกายที่ความหนัก 85-98% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate, HRmax) บนเครื่องกรรเชียงบก (Concept II) จำนวน 6 เซต เซตละ 30 วินาที มีเวลาพักระหว่างเซต 60 วินาที ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำใช้เวลา 45 นาที ต่อครั้ง จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ในทุกวันอังคาร และวันพฤหัสบดี

7. กลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ($F_{I}O_2 = 20.9\%$) เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล โดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบเดียวกับกลุ่มทดลอง ภายในห้องฝึกออกซิเจนปกติใช้เวลา 45 นาทีต่อครั้ง จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ในทุกวันจันทร์ และวันพุธ

8. ทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง 1 ชั่วโมงก่อนการฝึกตามปกติภายใต้การควบคุมของโค้ชชมรมเรือพาย โดยใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งการฝึกซ้อมในช่วงเย็นของนักกีฬาชมรมจะเป็นการพายบนประมาณ 1,000 ครั้ง บริเวณริมสระว่ายน้ำของสระว่ายน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ทำทดสอบหลังการทดลอง (สัปดาห์ที่ 6) ตัวแปรที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุด พลังวิกฤต และตัวแปรที่แสดงถึงความสามารถในการพายเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และการแจกแจงเป็นปกติของข้อมูล ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล (IBM SPSS Statistics 23)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังวิกฤต

และความถี่ในการพาย ระยะเวลาในการพายระยะ 2,000 เมตร ของแต่ละกลุ่ม ก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Dependent t-test

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุด พลังวิกฤต และความถี่ในการพาย ระยะเวลาในการพายระยะ 2,000 เมตร ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Independent t-test

4. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยของอายุน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังและน้ำหนักที่ปราศจากไขมัน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}), อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด งานที่ทำได้สูงสุด ระดับกันแวนแอโรบิก 1 และ 2 และตัวแปรของการแลกเปลี่ยนก๊าซก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังสูงสุด และพลังวิกฤตก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าพลังสูงสุด (Peak power) และพลังวิกฤต (CP) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่างานที่ทำได้แบบไม่ใช้ออกซิเจน (W') ก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตร พบว่าหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระยะเวลาที่ใช้ในการพายและแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการพายแต่ละครั้งของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มที่ควบคุมมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของตัวแปรเกี่ยวกับความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตรระหว่างทั้งสองกลุ่ม

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มควบคุม (n=9)	กลุ่มทดลอง (n=9)
อายุ (ปี)	20.11 ± 1.76	19.67 ± 1.80
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	66.61 ± 8.29	65.87 ± 12.05
ดัชนีมวลกาย (กก./ม. ²)	22.82 ± 1.47	22.66 ± 1.82
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	20.42 ± 6.91	17.93 ± 5.23
มวลกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน (กิโลกรัม)	49.39 ± 9.77	50.73 ± 12.17

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรการแลกเปลี่ยนก๊าซ และสมรรถภาพด้านแอโรบิก ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ก่อนฝึก	หลังฝึก	ก่อนฝึก	หลังฝึก
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	41.44 ± 8.12	41.67 ± 6.96	42.00 ± 8.02	42.50 ± 8.96
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที)	178.56 ± 9.98	176.00 ± 9.08	176.60 ± 12.08	177.20 ± 10.86
งานที่ได้สูงสุด (วัตต์)	233 ± 57.66	239.33 ± 54.91	235.40 ± 66.35	240.61 ± 66.90
อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนการหายใจ	1.09 ± 0.03	1.13 ± 0.03	1.09 ± 0.04	1.12 ± 0.06
จุดกั้นแอนแอโรบิก 1 (%VO _{2max})	66.85 ± 9.25	64.69 ± 14.43	68.65 ± 5.14	67.77 ± 8.61
จุดกั้นแอนแอโรบิก 2 (%VO _{2max})	83.14 ± 12.00	83.78 ± 9.66	89.39 ± 7.03	90.82 ± 6.92

*P<0.05

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังสูงสุด พลังวิกฤต และงานที่ได้โดยไม่ใช่ ออกซิเจน ก่อนฝึกและหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ก่อนฝึก	หลังฝึก	ก่อนฝึก	หลังฝึก
พลังสูงสุด (วัตต์)	652.11 ± 129.02	697.56 ± 148.82*	690 ± 230.60	720.6 ± 232.48*
งานที่ได้แบบไม่ใช่ ออกซิเจน (วัตต์)	11.81 ± 4.09	11.48 ± 3.10	12.05 ± 4.04	11.94 ± 4.66
พลังวิกฤต (วัตต์)	157.44 ± 50.05	169.33 ± 49.20*	163.1 ± 61.05	175.39 ± 54.75*

*P<0.05

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความสามารถในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	
	ก่อนฝึก	หลังฝึก	ก่อนฝึก	หลังฝึก
ระยะเวลาที่ใช้ในการพาย (นาที)	8.20 ± 0.95	7.917 ± 0.73*	8.24 ± 1.05	7.94 ± 0.85*
ความถี่ในการพาย (ครั้ง/นาที)	28 ± 3.5	28.67 ± 3.8	28.41 ± 2.36	27.62 ± 3.50
แรงเฉลี่ยในการพาย (วัตต์/ครั้ง)	189.11 ± 61.52	204.11 ± 56.17*	182 ± 61.34	199.81 ± 57.63*

*P<.05

อภิปรายผลการวิจัย

1. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

ผลการวิจัยพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 1.1% ซึ่งไม่แตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ว่า การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะช่วยพัฒนาความสามารถในการขนส่งออกซิเจนให้มีประสิทธิภาพดีกว่าการฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ ผลวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของมอร์ตันและเคเบิล (Morton & Cable, 2005) ที่พบว่า การฝึก HIIT ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{I O_2} = 15.3\%$)

ซึ่งใกล้เคียงกับที่ใช้ในการวิจัยนี้ 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถด้านแอโรบิกและแอนแอโรบิก สาเหตุหนึ่งอาจเกิดเนื่องจากรูปแบบและปริมาณการฝึกอาจไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดการปรับตัวของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด รวมทั้งระบบกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยซูบาและคณะ (Czuba et al., 2013) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ความหนัก 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สลับกับการวิ่งที่ความหนัก 60% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{I}O_2 = 15.2\%$) พบว่า สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกีฬาเบสบอลได้ นอกจากนี้กลาวิณ และคณะ (Galvin, Cooke, Sumners, Mileva, & Bowtell, 2013) รายงานว่าการฝึกวิ่งสปринท์ซ้ำ (Repeated sprint training) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกหนักสลับเบาในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{I}O_2=13\%$) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนในนักกรีฑาได้ กล่าวโดยสรุปการปรับตัวของร่างกายในการฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำนอกจากขึ้นอยู่กับความหนักของการฝึกแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณการฝึกด้วย (Bonetti & Hopkins, 2009) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าโปรแกรมการฝึก HIIT ที่ใช้ในการวิจัยนี้อาจมีความหนักและปริมาณไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นการปรับตัวของระบบไหลเวียนเลือดและระบบกล้ามเนื้อของนักกีฬาเรือพายได้

2. พลังวิฤต (CP)

ในการศึกษานี้พบว่าการฝึก HIIT ทำให้พลังสูงสุดและพลังวิฤตมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากค่าพลังวิฤตเป็นตัวแทนของงานที่ทำให้ได้สูงสุดที่สามารถคงไว้โดยปราศจากความเมื่อยล้า โดยพลังวิฤตจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจากการฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous training) หรือการฝึกสลับช่วง (Interval Training) (Jenkins & Quigley, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ขณะที่สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก (W') จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นหลังการฝึกพลัง (Power training) หรือการฝึกสปรินท์ (Sprint training) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าค่า W' ไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแคนเดิลและคณะ (Kendall et al., 2011) ที่พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตรในนักกีฬาเรือพายอาชีพ ในขณะที่

พลังวิฤตเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดความสามารถในการพายระยะ 2,000 เมตรในนักกีฬาเรือพายสมัครเล่น กล่าวโดยสรุปการทดสอบค่าพลังวิฤตอาจมีความเหมาะสมในการใช้ทำนายความสามารถในนักกีฬาเรือพายสมัครเล่นได้ดีกว่านักกีฬาเรือพายระดับชั้นเลิศ

3. ความสามารถในการพายระยะทาง 2,000 เมตร

ในการวิจัยนี้พบว่าหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ เวลาที่ใช้ในการพายระยะทาง 2,000 เมตร ของทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าซึ่งพบว่าการฝึก HIIT สามารถพัฒนาระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้งระบบเอทีพี-ซีพี และระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสได้ดี (Billat, 2001) และช่วยให้ร่างกายสามารถฟื้นคืนสู่สภาวะปกติได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยที่ผ่านมา ยังพบว่าการฝึกแบบ HIIT มีผลในการเพิ่มจำนวนของไมโทคอนเดรียในกล้ามเนื้อลายและการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถช่วยเพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดแดงผ่านการกระตุ้นโดยฮอร์โมนอีริโทรโพอิติน ทำให้ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนและสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ของนักกีฬาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแฮริสันและคณะ (Harrison et al., 2017) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบต่อเนื่อง (Long slow distance) และการฝึกแบบ HIIT ในนักกีฬาเรือพาย เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่การฝึก HIIT สามารถพัฒนาสมรรถภาพของการพายระยะ 2,000 เมตร ได้ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ดิลเลอร์และเฟล (Driller, Gregory, Williams, & Fell, 2013) ยังพบว่า การฝึก HIIT โดยทำการฝึก 8 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาเพียง 2.5 นาที โดยใช้ความหนักที่ 90% ของ VO_{2peak} เป็นเวลา 4 สัปดาห์

สามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการพาย 2,000 เมตรลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

การฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ ($F_{O_2}=15.3\%$) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ สามารถช่วยพัฒนาพลังวิฤตและความสามารถในการพายเรือระยะ 2,000 เมตรในนักกีฬาเรือพายได้ไม่แตกต่างจากสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ ดังนั้น ผู้ฝึกสอนควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้การฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำในการวางแผนการฝึกซ้อมในนักกีฬาเรือพายด้วยความระมัดระวัง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การศึกษาต่อไปควรเลือกระดับความชัน/ปริมาณและระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกเพิ่มขึ้นว่าจะมีผลในการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนและจุดกันแอโรบิกในนักกีฬาเรือพายหรือไม่อย่างไร

2. ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเลือกใช้จักรยานวัดงานในการทดสอบสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเรือพายซึ่งอาจไม่มีความจำเพาะกับกีฬาเรือพายซึ่งจะต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกาย ดังนั้น การศึกษาต่อไปควรเลือกใช้เครื่องกรรเชียงบกมาใช้ในการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Akca, F., & Aras, D. (2015). Comparison of rowing performance improvements following various High-Intensity interval trainings. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2249-2254.
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Bonetti, D. L., & Hopkins, W. G. (2009). Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia. *Sports Medicine*, 39(2), 107-127
- Czuba, M., Zajac, A., Maszczyk, A., Roczniok, R., Poprzecki, S., Garbaciak, W., & Zajac, T. (2013). The effects of high intensity interval training in normobaric hypoxia on aerobic capacity in basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 39, 103-114. doi:10.2478/hukin-2013-0073
- Driller, M. W., Fell, J. W., Gregory, J. R., Shing, C. M., & Williams, A. D. (2009). The effects of high-intensity interval training in well-trained rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(1), 110-121.
- Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Schuette, J., ... Porcari, J. P. (2015). The effects of high intensity interval training vs steady state training on aerobic and anaerobic capacity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(4), 747.

- Galvin, H. M., Cooke, K., Sumners, D. P., Mileva, K. N., & Bowtell, J. L. (2013). Repeated sprint training in normobaric hypoxia. *British Journal of Sports Medicine*, 47(Suppl 1), i74-i79.
- Hagerman. (1978). Energy expenditure during simulated rowing. *Journal of Applied Physiology*, 45(1), 87-93.
- Harrison, A. J., Ní Chéilleachair, N. J., & Warrington, G. D. (2017). HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1052-1058.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386.
- Kendall, K. L., Smith, A. E., Fukuda, D. H., Dwyer, T. R., & Stout, J. R. (2011). Critical velocity: a predictor of 2000-m rowing ergometer performance in NCAA D1 female collegiate rowers. *Journal of Sports Sciences*, 29(9), 945-950.
- Morton, J. P., & Cable, N. T. (2005). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics*, 48(11-14), 1535-1546.
- Niess, A. M., Fehrenbach, E., Strobel, G., Roecker, K., Schneider, E. M., Buegler, J., ... Dickhuth, H.-h. (2003). Evaluation of stress responses to interval training at low and moderate altitudes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 263-269.
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2016). Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2320-2334.
- Secher, N. H. (1983). The physiology of rowing. *Journal of Sports Sciences*, 1(1), 23-53.
- Truijens, M. J., Toussaint, H. M., Dow, J., & Levine, B. D. (2003). Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. *Journal of Applied Physiology*, 94(2), 733-743.
- Vanhatalo, A., Fulford, J., Dimenna, F.J., & Jones, A.M. (2010). Influence of hyperoxia on muscle metabolic responses and the power-duration relationship during severe-intensity exercise in humans: a 31P magnetic resonance spectroscopy study. *Experimental Physiology*. 95, 528-40.
- Yoon, J., & Lee, M. (2014). Effects of sprint interval training on blood variables, aerobic and anaerobic performance in normobaric hypoxia. *Korean Journal of Sports Science*, 25(4), 890-903.