ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ROWING ERGOMETER EXERCISE IN NORMOBARIC HYPOXIC CONDITION ON AEROBIC PERFORMANCE AND ANAEROBIC THRESHOLD

Mr. Songdhasn Chinapong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า
โดย	นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลปชัย สุวรรณธาดา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทรงทรรศน์ จินาพงศ์ : ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า (EFFECTS OF ROWING ERGOMETER EXERCISE IN NORMOBARIC HYPOXIC CONDITION ON AEROBIC PERFORMANCE AND ANAEROBIC THRESHOLD) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.วันชัย บุญรอด, 86 หน้า.

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าโดยการฝึกและทดสอบด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 19-24 ปี แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.209) และกลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานแบบต่อเนื่อง 30 นาที โดยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า ทำการฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนการฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการวิจัย พบว่า หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้ามีค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

สรุปผลการวิจัย การฝึกออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีผลต่อการเพิ่มระดับจุดเริ่มล้า อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5678309939 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: NORMOBARIC HYPOXIC TRAINING / AEROBIC PERFORMANCE / ANAEROBIC THRESHOLD / ROWING

SONGDHASN CHINAPONG: EFFECTS OF ROWING ERGOMETER EXERCISE IN NORMOBARIC HYPOXIC CONDITION ON AEROBIC PERFORMANCE AND ANAEROBIC THRESHOLD. ADVISOR: ASSOC. PROF.WANCHAI BOONROD, Ph.D., 86 pp.

The purpose of this experiment was to investigate the effect of normobaric hypoxic training on aerobic performance and anaerobic threshold. There were fourteen male subjects who performed 30 minutes continuous training in either a normoxic (F_iO_2=0.145) or hypoxic (F_iO_2=0.209) condition. Both the Control (n=7) and Hypoxic (n=7) group subjects exercised on a rowing ergometer at an intensity corresponding to 80-90% of heart rate at anaerobic threshold attained in normoxia. Before the training, after week 3 training and after week 6 training, subject's aerobic performance and anaerobic threshold were determined by 7x4 rowing ergometer incremental test under normoxic condition and then analyzed statistically.

The results showed that

1.Mean±S.D. normoxic anaerobic threshold significantly increased after 6 weeks of training only on the Hypoxic group ($p<.05$).

2.Mean±S.D. normoxic aerobic performance and normoxic anaerobic threshold were no significant difference between Control and Hypoxic group. ($p<.05$)

In conclusion, the normobaric hypoxic training protocol manipulated in this experiment had significant effect on development in anaerobic threshold but no significant difference between Control and Hypoxic group

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2015 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตา กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ติดตาม ตรวจสอบ แก้ไข ให้แรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิลปชัย สุวรรณธาดา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย รองศาสตราจารย์ พันตรี ดร.รุ่งชัย ชวนไชยะกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ และ อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช

อาจารย์ ดร.ชัยรัต พงศ์พันธุ์ภาณี อาจารย์ที่ปรึกษาชมรมเรือใบและเรือพาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยสนใจกีฬาเรือพาย คุณภัทราวุธ ขาวสนิท และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกตลอดระยะการฝึกและการทดสอบ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงเจริญพระชนมายุ 72 พรรษา และทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นทั้งแรงบันดาลใจ กำลังใจ และกำลังทรัพย์ให้แก่ผู้วิจัย จนการศึกษาวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอมอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเครื่องบูชาเพื่อทดแทนคุณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

ปัญหาในการวิจัย 6

สมมติฐานในการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 7

ข้อตกลงเบื้องต้น 8

ความปลอดภัยระหว่างดำเนินการวิจัย 9

คำจำกัดความของการวิจัย 10

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 10

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 11

กีฬาเรือพาย 12

สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 13

การฝึกบนที่สูงและการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 14

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม 19

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

จุดเริ่มล้า 20
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
กรอบแนวคิดการวิจัย 27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 28
กลุ่มตัวอย่าง 29
เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 29
การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง 30
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 31
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 32
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36
ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแปรทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย 37
ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 38
ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อจุดเริ่มล้าของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 40
ตอนที่ 4 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 42

หน้า

ตอนที่ 5 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อจุดเริ่มล้า ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 45

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ 48

ผลการวิจัยพบว่า 49

อภิปรายผล 50

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยครั้งนี้ 53

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 53

รายการอ้างอิง 54

ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย ข้อมูลสำหรับประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย 59

ภาคผนวก ข โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาเรือพาย 71

ภาคผนวก ค รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก 74

ภาคผนวก ง การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาเรือพาย 77

ภาคผนวก จ แบบบันทึกข้อมูลความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า 81

ภาคผนวก ฉ ขั้นตอนและวิธีการเจาะเลือดเพื่อหาความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด 82

ภาคผนวก ช แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (PAR-Q) 84

ภาคผนวก ซ แบบวัดระดับรับรู้ความเหนื่อย 85

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 37

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) 38

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 39

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) 40

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 41

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 42

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 43

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 44

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 45

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดกับความหนัก ของการออกกำลังกายแสดงให้เห็นถึงความหนักสำหรับการฝึกความอดทนในระดับต่างๆ 21

ภาพที่ 2 เครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing Ergometer) และหน้าจอแสดงผล 73

ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอควบคุมปริมาณออกซิเจนภายในห้องฝึก 73

ภาพที่ 4 เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Lactate Analyzer) 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาเรือพาย เป็นกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความแข็งแรงประเภทอดทน (strength endurance) ลักษณะของการแข่งขันกีฬาเรือพาย นักกีฬาจะมีการออกกำลังกายในระดับที่มีความหนักสูง ประมาณ 95-98% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (aerobic capacity) อย่างต่อเนื่อง (severe steady state) ตลอดระยะทาง 2,000 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางมาตรฐานของการแข่งขันกีฬาเรือพายระดับนานาชาติ โดยนักกีฬาจะต้องออกแรงประมาณ 400-500 นิวตันเพื่อพายเรือเอาชนะแรงต้านของน้ำ เป็นจำนวน 220-250 ครั้งต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาการแข่งขัน ซึ่งใช้เวลาระหว่าง 5.5 – 7.5 นาที กล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นหลัก โดยเฉลี่ยร้อยละ 75 -80 และใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกร้อยละ 20-25 (Secher, Volianitis and Jurimae 2007)

องค์ประกอบที่มีความสำคัญที่จะทำให้นักกีฬาเรือพายประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพ คือขนาดรูปร่างของนักกีฬา ใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกนักกีฬา การควบคุมดูแลลักษณะสัดส่วนของกล้ามเนื้อและปริมาณไขมันที่พอเหมาะ นักกีฬาเรือพายที่ประสบความสำเร็จมักจะมีรูปร่างสูง มีน้ำหนักตัวปราศจากไขมัน (lean body mass) ที่มาก และปัจจัยทางสรีรวิทยา คือ ความอดทน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระบบพลังงาน สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะกีฬา ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากการฝึก ปัจจัยที่ทำให้นักกีฬาเรือพายสามารถพายเรือเคลื่อนที่ออกไปเพื่อให้เข้าเส้นชัยได้อย่างรวดเร็วปัจจัยหนึ่งก็คือ ความสามารถในการสร้างพลังงานให้ได้มาก หรือความสามารถในการใช้พลังงานของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพลังงานหลักที่ใช้ในการแข่งขันพายเรือระยะ 2,000 เมตร คือ พลังงานแบบแอโรบิก (aerobic energy system) การมีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมหรือการมีพลังแบบแอโรบิกที่สูง เป็นปัจจัยที่จะทำให้นักกีฬาเรือพายประสบความสำเร็จในการแข่งขัน โดยตัวแปรที่สำคัญในการแสดงให้เห็นถึงความสามารถทางอากาศนิยมของนักกีฬาเรือพายคือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และจุดเริ่มล้า (lactate or anaerobic threshold) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างนักกีฬาเรือพายที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ (Kerr, Ackland, & Schreiner, 1995; Nolte, 2011; Secher et al., 2009; Shephard, 1998)

ในขณะฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬา ความเมื่อยล้าของนักกีฬาที่เกิดจากการสะสมกรดแลคติกในกระแสเลือดจะมีผลต่อการจำกัดการแสดงความสามารถของนักกีฬา การออกกำลังกายที่มีความหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกระแสเลือดมีอัตราลดลง ภาวะที่ร่างกายมีความสมดุลระหว่างการเกิดกรดแลคติกและการกำจัดกรดแลคติก ร่างกายจะมีการสังเคราะห์พลังงานแบบใช้ออกซิเจน (aerobic energy system) แต่ถ้าร่างกายมีการสะสมกรดแลคติกมากขึ้นเนื่องจากการที่ร่างกายมีการทำงานหนักมากขึ้น การขนส่งออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ ร่างกายจะเปลี่ยนระบบพลังงานเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic energy system) จุดเริ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบพลังงานนี้ เรียกว่า จุดเริ่มล้า (anaerobic threshold) ภายหลังจากสภาวะนี้ร่างกายจะมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณที่มาก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการแสดงความสามารถของนักกีฬา (Robergs & Roberts, 1997) การออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (aerobic performance) และจุดเริ่มล้า (anaerobic threshold) ที่มีความเหมาะสม จะช่วยพัฒนาระบบพลังงานให้สามารถผลิตพลังงานได้เพียงพอกับความต้องการใช้พลังงานของร่างกายในขณะแข่งขัน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียที่เป็นผลผลิตมาจากการสังเคราะห์พลังงาน ช่วยชะลอการเกิดความเมื่อยล้า ทำให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการแข่งขัน ซึ่งการศึกษาของการศึกษาของโซคเมนและคณะ (Sokmen, Beam, Witchey, & Adam, 2002) พบว่า การฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนัก 70-80% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งมีความหนักสูงใกล้ถึงระดับจุดเริ่มล้า เป็นเวลา 30-40 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมของนักกีฬาได้ และ คีธและคณะ (Keith, Jacobs, & McLellan, 1992) พบว่าการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับจุดเริ่มล้าหรือการฝึกที่ระดับความหนักที่สูงกว่าจุดเริ่มล้าสลับพักสามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าได้

การฝึกบนที่สูง (altitude training) หรือการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (hypoxic training) เป็นวิธีการฝึกที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้มากกว่าการฝึกที่ระดับน้ำทะเล เนื่องจากสภาพแวดล้อมบนที่สูง (altitude) จะมีความดันบรรยากาศที่ลดต่ำลงเมื่อขึ้นไปอยู่บนระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงเมื่อเทียบกับความสูงที่ระดับน้ำทะเล ส่งผลให้ร่างกายเกิดภาวะที่เรียกว่า “hypoxia” คือ ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงกว่าปกติ เมื่อมีการพักอาศัย พักสัมผัส หรือมีการฝึกการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมดังกล่าว จะกระตุ้นให้มีการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น การเพิ่มการระบาย

อากาศ (hyperventilation) การเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยา (hematological changes) คือมีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดแดง เพิ่มความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และการเปลี่ยนแปลงในระดับเนื้อเยื่อ (tissue level change) คือ เพิ่มปริมาณหลอดเลือดฝอยเลี้ยงกล้ามเนื้อ เพิ่มความหนาแน่นของไมโตรคอนเดรีย มีการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่จะเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจน ซึ่งการตอบสนองทางสรีรวิทยาดังกล่าวจะทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวจนเข้าสู่สภาวะสมดุล (homeostasis) และเคยชินกับสภาพแวดล้อมบนที่สูงหรือสภาวะออกซิเจนต่ำได้ ซึ่งผลที่ได้จากการฝึกซ้อมบนที่สูงสำหรับนักกีฬาประเภทอดทน คือ ทำให้เพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) จากการกระตุ้นฮอร์โมนอีริโทรโพรอิติน (erythropoietin; EPO) เพิ่มปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin; Hb) ซึ่งเป็นทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย ทำให้ความสามารถในการขนส่งออกซิเจน (arterial blood oxygen capacity) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น (maximal oxygen uptake; VO_2max) ส่งผลถึงความสามารถของนักกีฬาเมื่อทำการแข่งขันที่ระดับน้ำทะเลและนั้นเพิ่มขึ้นด้วย (Rusko, Tikkanen, & Peltonen, 2004)

รูปแบบของการฝึกบนที่สูงนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ถูกต้องและเป็นที่นิยมสำหรับนักกีฬาโดยการฝึกซ้อมบนที่สูงหรือในสภาวะออกซิเจนต่ำนั้นมี 3 วิธี คือ

1.การอยู่และฝึกซ้อมบนที่สูงระดับเดียวกัน (Live High – Train High: LHTH) นักกีฬาพักอาศัยและฝึกซ้อมอยู่บนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตลอดระยะเวลาการฝึก

2.การอยู่บนที่สูงฝึกซ้อมที่ต่ำ (Live High – Train Low: LHTL) นักกีฬาพักอาศัยอยู่บนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแต่ทำการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเลหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และ

3.การอยู่ที่ต่ำฝึกซ้อมบนที่สูง (Live Low – Train High: LLTH) แบ่งออกได้เป็น Intermittent hypoxic training (IHT) คือ นักกีฬาพักอาศัยอยู่ที่ความสูงระดับน้ำทะเลหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ แต่ทำการฝึกซ้อมบนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำระยะเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อครั้ง และ Intermittent hypoxic exposure (IHE) คือ นักกีฬาพักอาศัยและทำการฝึกซ้อมบนอยู่ที่ความสูงระดับน้ำทะเลหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติสลับกับการพักสัมผัสในสภาวะออกซิเจนต่ำระยะเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อครั้ง

การฝึกซ้อมบนที่สูงในประเทศไทยมีข้อจำกัด จากงานวิจัยภายในประเทศพบว่าการฝึกซ้อมบนที่สูงยังให้ผลไม่แตกต่างกับการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สมชาย กุลโสภิต, ประทุม ม่วงมี และ กิดาการ สายธนู, 2555) เนื่องจากพื้นที่ที่สามารถพักอาศัยเพื่อทำการเก็บตัวฝึกซ้อมภายในประเทศไทยได้ มีระดับความสูงประมาณ 1,300-1,500 เมตร (ที่ทำการภายในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์) ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาได้ ในงานวิจัยปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า การพักอาศัยและฝึกซ้อมบนที่สูง (Live High-Train High) ต้องมีการฝึกซ้อมเป็นอย่างน้อย 3 สัปดาห์ที่ระดับความสูง 2,000 – 3,000 เมตร เพื่อให้เกิดความเคยชินกับที่สูงและพัฒนาสมรรถภาพ (Bonetti and Hopkins, 2009) แต่อย่างไรก็ดีการนำนักกีฬาที่ไม่คุ้นชินขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูง ร่างกายไม่สามารถปรับตัวต่อความดันบรรยากาศที่ลดต่ำลงจากการเพิ่มความสูงได้ ทำให้นักกีฬาต้องเสี่ยงกับภาวะความเจ็บป่วยจากระดับความสูง เช่น การเจ็บป่วยฉับพลันจากที่สูง (acute altitude sickness) ปอดบวมน้ำจากที่สูง (high-altitude pulmonary edema) หรือ สมองบวมจากที่สูง (high-altitude cerebral edema) ได้ (West, Schoene, Luks, & Milledge, 2012) และการนำนักกีฬาขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูงนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปฝึกซ้อมบนที่สูงได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีจำลองสภาวะบนที่สูง โดยการปรับลดปริมาณออกซิเจนในอากาศให้สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ (normobaric hypoxia) ทำให้สภาพแวดล้อมภายในสภาวะจำลองบนที่สูงนั้นปลอดภัย

จากงานวิจัยพบว่าการฝึกซ้อมในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Intermittent normobaric hypoxic training) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงต่อวัน นั้นจะสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ (Bailey & Davies, 1997; Czuba et al., 2011; Hendriken & Meeuwsen, 2003; Meeuwsen, Hendriken & Holewijin, 2001) และบางการศึกษาอื่นๆพบว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมได้อีกด้วย (Hamlin, Marshall, Hellemans, Ainslie, & Anglem, 2010) แต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปในเรื่องรูปแบบของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำว่า รูปแบบใดจะสามารถพัฒนาความสามารถของนักกีฬาได้ดีที่สุด เนื่องจากต้องพิจารณาตัวแปรในการฝึกซ้อมหลายอย่าง เช่น การกำหนดปริมาณออกซิเจนที่เทียบเท่ากับระดับความสูง ระยะเวลาในการฝึกหรือพักสัมผัสในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความหนักในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก เป็นต้น จากข้อมูลการสังเคราะห์งานวิจัยด้วยการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) ของวอร์ทแมน (Wortman, 2011) ซึ่งได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการฝึกแบบอยู่ในที่ต่ำและ

ฝึกในที่สูง (Live high-Train low) คือรูปแบบการฝึกที่นักกีฬาพักอาศัยอยู่ที่ระดับน้ำทะเล ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับความดันบรรยากาศปกติ (intermittent normobaric hypoxic training) เพื่อหารูปแบบของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการฝึกมากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนเทียบเท่ากับระดับของความสูงที่ 2,500-3,000 เมตร ระยะเวลาในการฝึก (training cycle) 15 วัน ความถี่ในการฝึก 6 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึกแต่ละครั้ง 97 นาที และความหนักของการฝึกอยู่ที่ 60-65%VO_2max ที่ระดับน้ำทะเล และประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึกจะมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 หลังจากยุติการฝึก

จากที่กล่าวมาข้างต้น การพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าของนักกีฬาเรือพายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอรูปแบบการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) เทียบเท่ากับความสูงที่ 3,000 เมตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเปรียบเทียบกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าได้มากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพนักกีฬาให้มีความสามารถสูงสุดโดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ และส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า โดยการฝึกและทดสอบด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน

2.เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า โดยการฝึกและทดสอบด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน

ปัญหาในการวิจัย

การฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติหรือไม่

สมมติฐานในการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะมีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าภายหลังจากการฝึกเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า โดยทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาผลของโปรแกรม 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการฝึก (Pre - Training) ระยะหลังการฝึก 3 สัปดาห์ (Mid-Training) และระยะหลังการฝึก 6 สัปดาห์ (Post - Training)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็น นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 เพศชาย อายุ 19-24 ปี ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การแบ่งกลุ่มโดยใช้ตารางกำหนดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 กำหนดขนาดผลกระทบ (Effect size) ที่ 1.30 และ ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.70 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็น 14 คน และทำการจัดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบสุ่ม (Random Assignment) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.145 เทียบเท่าความสูงระดับ 3,000 เมตร ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.209 เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่

3.1.1 การฝึกสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.145 เทียบเท่าความสูงระดับ 3,000 เมตร ความดันบรรยากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท (Normobaric Hypoxic Training)

3.1.2 การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (Normoxic Training)

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

3.2.1 ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (Aerobic Performance)

- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)
- ความสามารถที่แสดงออกทางการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2)
- ปริมาณอากาศที่หายใจออก (VE)
- อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (RER)

3.2.2 จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)

- อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Heart Rate at anaerobic threshold)
- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (VO_2 at anaerobic threshold)

3.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variable) ได้แก่

3.3.1 เพศชาย

3.3.2 อายุ เฉพาะผู้ที่มีอายุระหว่าง 19 - 24 ปี

3.3.3 อุปกรณ์ในการฝึกและการทดสอบ

3.3.4 สถานที่ในการฝึกและการทดสอบ

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดให้ความร่วมมือด้วยความเต็มใจและฝึกเต็มความสามารถ
2. การเก็บข้อมูลทุกครั้งทำโดยผู้วิจัยชุดเดียวกันและสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน
3. ในการฝึกทุกครั้งใช้สถานที่และช่วงเวลาเดียวกัน
4. อุปกรณ์และสถานที่ฝึกมีสภาพและมาตรฐานเดียวกัน
5. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมการประกอบกิจกรรม การพักผ่อน และการบริโภคของผู้มีส่วนร่วมการวิจัยได้
6. ทางผู้วิจัยได้จัดเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อเกิดการบาดเจ็บจากการฝึก ในกรณีเกิดเหตุสุดวิสัย ทางผู้วิจัยได้จัดเตรียมรถตู้เพื่อนำผู้บาดเจ็บไปส่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ได้ทันท่วงที

7.ทางผู้วิจัยจัดน้ำสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย และสามารถดื่มได้ตลอดระยะเวลาการฝึก และของว่างสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยจะจัดให้เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวัน

ความปลอดภัยระหว่างดำเนินการวิจัย

ขณะทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

1.ควบคุมความหนักของการฝึกโดยสังเกตปฏิกิริยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย จากอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด และอาการผิดปกติโดยทั่วไป

1.1 ควบคุมความหนักการฝึกของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน ให้อยู่ในระดับเป้าหมายระหว่างการฝึก

1.2 ควบคุมค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดขณะฝึกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย (สูงกว่า 80%)

2. จะหยุดการฝึกทันทีในสถานการณ์ต่อไปนี้

2.1 อัตราการเต้นของหัวใจมีการเพิ่มขึ้นสูงขึ้นผิดปกติ

2.2 มีการลดลงอย่างฉับพลันของค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด

2.3 ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดขณะฝึก ลดลงต่ำกว่า 80%

2.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยรู้สึกเหนื่อย ไม่สามารถดำเนินการฝึกต่อไปได้อีก

2.5 เวียนศีรษะ ไม่สบาย หรือหายใจถี่ เจ็บหน้าอก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic training) หมายถึง การฝึกซ้อมในสภาวะที่มีการปรับลดสัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (Fraction of inspired oxygen; F_iO_2) ลดลงจาก 0.209 สู่ระดับ 0.145 ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของออกซิเจนในอากาศที่ระดับความสูง 3,000 เมตร โดยที่ความดันบรรยากาศเป็นปกติเทียบเท่ากับระดับน้ำทะเลปานกลาง (760 มิลลิเมตรของปรอท)

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (Aerobic performance) คือ ความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจน ตัวแปรที่ใช้วัดความสามารถทางด้านนี้ประกอบด้วย สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake, VO_2max) และ จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold)

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO_2max) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะใช้ออกซิเจนเพื่อจะนำไปใช้ให้เพียงพอในระหว่างที่ร่างกายออกกำลังกายเต็มที่ และใช้เป็นตัวบอกความสามารถในการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต

จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) หมายถึง จุดเริ่มของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากแอโรบิกเป็นแอนแอโรบิก หรือเป็นจุดที่มีการเริ่มต้นสะสมกรดแลคติกประมาณ 4 มิลลิโมล/ปริมาตรเลือด 1 เดซิลิตร โดยอยู่ในระดับการทำงานประมาณ 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หรือเป็นร้อยละของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.ได้โปรแกรมฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ฝึกซ้อมนักกีฬาเรือพาย เพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบฝึกกีฬาชนิดอื่นต่อไป

2.ข้อมูลความรู้ที่ได้จะเป็นแนวทางสำหรับการเตรียมความพร้อมให้นักกีฬาเรือพาย ในการวางแผนฝึกซ้อมทั้งระยะสั้นและระยะยาวก่อนทำการแข่งขัน

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า ผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมเอกสาร บทความ และตำราวิชาการ ที่มีรายละเอียดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งนำมาเรียบเรียงไว้ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1.กีฬาเรือพาย

2.สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

3.การฝึกบนที่สูงและการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

4.ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม

5.ความสามารถในการในออกซิเจนสูงสุด

6.จุดเริ่มล้า

7.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.กรอบแนวคิดการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กีฬาเรือพาย

กีฬาเรือพาย เป็นกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความแข็งแรงประเภทอดทน (strength endurance) ลักษณะของการแข่งขันกีฬาเรือพาย นักกีฬาจะมีการออกกำลังกายในระดับที่มีความหนักสูง ประมาณ 95-98% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (aerobic capacity) อย่างต่อเนื่อง (severe steady state) ตลอดระยะทาง 2,000 เมตร ซึ่งเป็นระยะทางมาตรฐานของการแข่งขันกีฬาเรือพายระดับนานาชาติ โดยนักกีฬาจะต้องออกแรงประมาณ 400-500 นิวตันเพื่อพายเรือเอาชนะแรงต้านของน้ำ เป็นจำนวน 220-250 ครั้งต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาการแข่งขัน ซึ่งใช้เวลาระหว่าง 5.5 – 7.5 นาที กล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นหลัก โดยเฉลี่ยร้อยละ 75 -80 และใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกร้อยละ 20-25 (Secher, Volianitis and Jurimae 2007)

องค์ประกอบที่มีความสำคัญที่จะทำให้นักกีฬาเรือพายประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ปัจจัยทางด้านกายภาพ คือขนาดรูปร่างของนักกีฬา ใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกนักกีฬา การควบคุมดูแลลักษณะสัดส่วนของกล้ามเนื้อและปริมาณไขมันที่พอเหมาะ นักกีฬาเรือพายที่ประสบความสำเร็จมักจะมีรูปร่างสูง มีน้ำหนักตัวปราศจากไขมัน (lean body mass) ที่มาก และปัจจัยทางสรีรวิทยา คือ ความอดทน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระบบพลังงาน สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะกีฬา ซึ่งสามารถพัฒนาได้จากการฝึก ปัจจัยที่ทำให้นักกีฬาเรือพายสามารถพายเรือเคลื่อนที่ออกไปเพื่อให้เข้าเส้นชัยได้อย่างรวดเร็วปัจจัยหนึ่งก็คือ ความสามารถในการสร้างพลังงานให้ได้มาก หรือความสามารถในการใช้พลังงานของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพลังงานหลักที่ใช้ในการแข่งขันพายเรือระยะ 2,000 เมตร คือ พลังงานแบบแอโรบิก (aerobic energy system) การมีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมหรือการมีพลังแบบแอโรบิกที่สูง เป็นปัจจัยที่จะทำให้นักกีฬาเรือพายประสบความสำเร็จในการแข่งขัน โดยตัวแปรที่สำคัญในการแสดงให้เห็นถึงความสามารถทางอากาศนิยมของนักกีฬาเรือพายคือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และจุดเริ่มล้า (lactate or anaerobic threshold) ซึ่งเป็นหนึ่งในตัวแปรที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างนักกีฬาเรือพายที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ (Kerr, Ackland, & Schreiner, 1995; Nolte, 2011; Secher et al., 2009; Shephard, 1998)

สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

บรรยากาศของโลกประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) มีปริมาตรร้อยละ 78 ออกซิเจน (O_2) ร้อยละ 21 อาร์กอน (Ar) 0.93 และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 0.03 เมื่อรวมก๊าซทั้ง 4 ชนิดนี้เข้าด้วยกันจะมีปริมาตรถึงร้อยละ 99.98 และอากาศจะมีสัดส่วนของก๊าซเหล่านี้เป็นส่วนประกอบคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงจากพื้นดินไปจนถึงระดับความสูงระดับหนึ่ง อากาศเป็นสสารที่มีน้ำหนักอยู่ภายใต้อำนาจของแรงโน้มถ่วงของโลก แรงโน้มถ่วงนี้จะดึงอากาศให้มาอยู่ที่พื้นผิวโลก ทำให้อากาศมีความหนาแน่นมากที่สุดในบริเวณชั้นล่างหรือที่ระดับน้ำทะเล เพราะน้ำหนักของอากาศจะกดซ้อนกันจากชั้นบน น้ำหนักของอากาศที่กดลงบนพื้นที่ เรียกว่า ความกดอากาศหรือความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลจะมีค่าเท่ากับ 1 atm (หนึ่งหน่วยบรรยากาศ) หรือ 101.325 กิโลปาสคาล (kPa) หรือ 760 มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) ในระดับที่สูงขึ้นไปความหนาแน่นของอากาศจะลดลงไปเรื่อยๆ จนความดันบรรยากาศลดลงครึ่งหนึ่งจากระดับน้ำทะเลที่ระดับความสูง 5,500 เมตร (1/2 atm หรือ 380 mmHg)

ก๊าซออกซิเจน เป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ มนุษย์ต้องการออกซิเจนเพื่อการดำรงชีวิต มนุษย์หายใจเอาออกซิเจนเข้าไปเพื่อเผาผลาญสารอาหาร ที่ระดับน้ำทะเลความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท และมีสัดส่วนปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายหายใจเข้าไป (Fraction of inspired oxygen; FiO_2) เท่ากับ 0.209 เมื่อขึ้นไปบนที่สูง (altitude) สัดส่วนของก๊าซแต่ละชนิดยังคงที่ แต่ความดันบรรยากาศจะมีค่าลดลง ส่งผลให้ความดันย่อยของออกซิเจนที่ร่างกายหายใจเข้าไป (Partial pressure of oxygen; PiO_2) ลดลง ($PiO_2 = FiO_2$ x ความดันบรรยากาศ ณ ตำแหน่งนั้น) เป็นไปตามกฎของบอยล์ (Boyle's Law) ที่ว่า ปริมาตรของก๊าซเป็นสัดส่วนผกผันกับความดัน เมื่อขึ้นไปอยู่บนระดับความสูง จะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงเมื่อเทียบกับความสูงที่ระดับน้ำทะเล ส่งผลให้ร่างกายเกิดภาวะที่เรียกว่า "hypoxia" คือ ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงกว่าปกติ เมื่อมีการพักอาศัย พักสัมผัส หรือมีการฝึกการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมดังกล่าว หนึ่งในสาเหตุของการเกิดสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำนั้นคือการขึ้นไปอยู่บนที่สูง (Altitude) หรืออยู่ในสภาวะจำลองความสูง (Simulated Altitude) โดยการปรับลดปริมาณออกซิเจนในอากาศลดลงเทียบเท่ากับระดับความสูงต่างๆร่างกายจะกระตุ้นให้มีการตอบสนองทางสรีรวิทยา คือ มีความถี่ของการหายใจเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มการระบายอากาศ (hyperventilation) มีการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยา (hematological changes) คือ เมื่อร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงจากการอยู่ในสภาวะปริมาณออกซิเจน

ต่ำหรืออยู่บนที่สูง ร่างกายจะมีการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงขึ้น ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดแดง เพิ่มความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และการเปลี่ยนแปลงในระดับเนื้อเยื่อ (tissue level change) คือ เพิ่มปริมาณหลอดเลือดฝอยเลี้ยงกล้ามเนื้อ เพิ่มความหนาแน่นของไมโตรคอนเดรีย มีการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่จะเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจน ซึ่งการตอบสนองทางสรีรวิทยาดังกล่าวจะทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวจนเข้าสู่สภาวะสมดุล (homeostasis) และเคยชินกับสภาพแวดล้อมบนที่สูงหรือสภาวะออกซิเจนต่ำได้ (Katch, McArdle, & Katch, 2011)

การฝึกบนที่สูงและการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

การฝึกซ้อมบนที่สูง (altitude Training) เป็นที่กล่าวถึงอย่างมากหลังจากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก เมื่อปี ค.ศ.1968 เป็นต้นมา การแข่งขันครั้งนั้นจัดขึ้น ณ เมืองเม็กซิโกซิตี้ ประเทศเม็กซิโก ซึ่งมีภูมิประเทศที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 2,240 เมตร และการแข่งขันครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่มีการจัดการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกบนที่สูง ความสำเร็จของนักกีฬาที่อาศัยอยู่ในภูมิประเทศที่เป็นที่สูง (high land native) เช่นนักกีฬาจากประเทศในแถบแอฟริกาตะวันออกที่อยู่อาศัยและฝึกซ้อมอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล สามารถทำสถิติได้ดีกว่านักกีฬาจากประเทศอื่น ๆ ในการแข่งขันหลายประเภท ทำให้นักวิทยาศาสตร์การกีฬาหันมาให้สนใจในเรื่องของการอยู่อาศัยและการฝึกบนที่สูง (Live high-Train high) ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา (Katch, McArdle and Katch, 2011)

การฝึกบนที่สูง (altitude training) หรือการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (hypoxic training) เป็นวิธีการฝึกที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้มากกว่าการฝึกที่ระดับน้ำทะเล เนื่องจากสภาพแวดล้อมบนที่สูง (altitude) จะมีความดันบรรยากาศที่ลดต่ำลงเมื่อขึ้นไปอยู่บนระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงเมื่อเทียบกับความสูงที่ระดับน้ำทะเล ส่งผลให้ร่างกายเกิดภาวะที่เรียกว่า “hypoxia” คือ ร่างกายได้รับปริมาณออกซิเจนที่น้อยลงกว่าปกติ เมื่อมีการพักอาศัย พักสัมผัส หรือมีการฝึกการออกกำลังกายในสภาพแวดล้อมดังกล่าว จะกระตุ้นให้มีการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น การเพิ่มการระบายอากาศ (hyperventilation) การเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยา (hematological changes) คือมีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดแดง เพิ่มความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และการเปลี่ยนแปลงในระดับเนื้อเยื่อ (tissue level change) คือ เพิ่มปริมาณหลอดเลือดฝอยเลี้ยงกล้ามเนื้อ เพิ่มความหนาแน่นของไมโตรคอนเดรีย มีการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่จะเพิ่มความสามารถในการใช้

ออกซิเจน ซึ่งการตอบสนองทางสรีรวิทยาดังกล่าวจะทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวจนเข้าสู่สภาวะสมดุล (homeostasis) และเคยชินกับสภาพแวดล้อมบนที่สูงหรือสภาวะออกซิเจนต่ำได้ ซึ่งผลที่ได้จากการฝึกซ้อมบนที่สูงสำหรับนักกีฬาประเภทอดทน คือ ทำให้เพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดแดง (red blood cell; RBC) จากการกระตุ้นฮอร์โมนอิริโทรโพรอิติน (erythropoietin; EPO) เพิ่มปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin; Hb) ซึ่งเป็นทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย ทำให้ความสามารถในการขนส่งออกซิเจน (arterial blood oxygen capacity) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น (maximal oxygen uptake; VO_2max) ส่งผลถึงความสามารถของนักกีฬาเมื่อทำการแข่งขันที่ระดับน้ำทะเลและนั้นเพิ่มขึ้นด้วย (Rusko, Tikkanen, & Peltonen, 2004)

การอยู่บนที่สูงเป็นระยะเวลายาวนานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับความสูงมากกว่า 1,500 เมตร อาจจะสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความสามารถด้านความอดทนที่ระดับน้ำทะเลได้ ได้มีการศึกษาทดลองพบว่าการฝึกบนที่สูงเป็นเวลา 25 วัน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 แต่มีรายงานการวิจัยบางเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความคุ้นเคยที่อยู่หรือมีต่อการอยู่บนที่สูงพบว่าเมื่ออยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งบนที่สูงความสามารถที่แสดงออกของตัวแปรทางโลหิตวิทยาในการขนส่งออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นและพบว่าปริมาณของเลือดที่ฉีดออกผ่านเส้นเลือดแดงใหญ่ในช่วงเวลา 1 นาที สูงสุด จะลดลงเมื่ออยู่บนที่สูงตามด้วยการขาดน้ำและสูญเสียมวลกล้ามเนื้อผลของการสูญเสียสิ่งเหล่านี้อาจอธิบายได้ว่าทำไมการอยู่และการฝึกซ้อมบนที่สูงจึงไม่พัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความอดทนเมื่อกลับสู่พื้นที่ระดับน้ำทะเล (Adams,Bernauer, Dill, & Bomar, 1975; Fox & Mathews, 1981)

จากการศึกษาของผลของการสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นครั้งคราว (Intermittent Hypoxic exposure) ต่อความสามารถของนักกีฬาประเภทใช้ความอดทน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ(บนที่สูง)กับความสามารถของนักกีฬามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงคือความสามารถของนักกีฬาจะลดลงเมื่อเพิ่มระดับความสูงมากขึ้น ทุกๆความสูงที่เพิ่มขึ้น 1,000 เมตร สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะลดลงเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล 6.3% (Wehrlin & Hallen, 2006) จากเหตุผลดังกล่าว เมื่อนำนักกีฬาที่อยู่อาศัยในระดับน้ำทะเลขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูง จะไม่สามารถฝึกซ้อมได้ด้วยความหนักเท่ากับที่ฝึกที่ระดับน้ำทะเลได้ เนื่องจากร่างกายต้องใช้เวลาในการปรับตัวกับความสูงเป็นเวลานาน และการนำนักกีฬาที่ไม่คุ้นชินกับที่สูงขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูง ก็อาจจะทำให้นักกีฬาต้องเสี่ยงกับภาวะความเจ็บป่วยจากระดับความสูงได้ เช่น การเจ็บป่วยฉับพลันจากที่สูง (Acute altitude sickness)

ปอดบวมน้ำจากที่สูง (High-altitude pulmonary edema) หรือ สมองบวมจากที่สูง (High-altitude cerebral edema) ได้ และการนำนักกีฬาขึ้นไปฝึกบนที่สูงนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปฝึกซ้อมบนที่สูงอีกด้วย

การฝึกซ้อมบนที่สูงในประเทศไทยมีข้อจำกัด จากงานวิจัยภายในประเทศพบว่าการฝึกซ้อมบนที่สูงยังให้ผลไม่แตกต่างกับการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สมชาย กุลโสภิต, ประทุม ม่วงมี และ กิดาการ สายธนู, 2555) เนื่องจากพื้นที่ที่สามารถพักอาศัยเพื่อทำการเก็บตัวฝึกซ้อมภายในประเทศไทยได้ มีระดับความสูงประมาณ 1,300-1,500 เมตร (ที่ทำการภายในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์) ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาได้ ในงานวิจัยปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า การพักอาศัยและฝึกซ้อมบนที่สูง (Live High-Train High) ต้องมีการฝึกซ้อมเป็นอย่างน้อย 3 สัปดาห์ที่ระดับความสูง 2,000 – 3,000 เมตร เพื่อให้เกิดความเคยชินกับที่สูงและพัฒนาสมรรถภาพ (Bonetti and Hopkins, 2009) แต่อย่างไรก็ดีการนำนักกีฬาที่ไม่คุ้นชินขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูง ร่างกายไม่สามารถปรับตัวต่อความดันบรรยากาศที่ลดต่ำลงจากการเพิ่มความสูงได้ ทำให้นักกีฬาต้องเสี่ยงกับภาวะความเจ็บป่วยจากระดับความสูง เช่น การเจ็บป่วยฉับพลันจากที่สูง (acute altitude sickness) ปอดบวมน้ำจากที่สูง (high-altitude pulmonary edema) หรือ สมองบวมจากที่สูง (high-altitude cerebral edema) ได้ (West, Schoene, Luks, & Milledge, 2012) และการนำนักกีฬาขึ้นไปฝึกซ้อมบนที่สูงนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปฝึกซ้อมบนที่สูงได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีจำลองสภาวะบนที่สูง โดยการปรับลดปริมาณออกซิเจนในอากาศให้สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ (normobaric hypoxia) ทำให้สภาพแวดล้อมภายในสภาวะจำลองบนที่สูงนั้นปลอดภัย

รูปแบบของการฝึกบนที่สูงนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ถูกต้องและเป็นที่นิยมสำหรับนักกีฬาโดยการฝึกซ้อมบนที่สูงหรือในสภาวะออกซิเจนต่ำนั้นมี 3 วิธี คือ

1.การอยู่และฝึกซ้อมบนที่สูงระดับเดียวกัน (Live High – Train High: LHTH) นักกีฬาพักอาศัยและฝึกซ้อมอยู่บนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตลอดระยะเวลาการฝึก

2.การอยู่บนที่สูงฝึกซ้อมที่ต่ำ (Live High – Train Low: LHTL) นักกีฬาพักอาศัยอยู่บนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแต่ทำการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเลหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และ

3.การอยู่ที่ต่ำฝึกซ้อมบนที่สูง (Live Low – Train High: LLTH) แบ่งออกได้เป็น Intermittent hypoxic training (IHT) คือ นักกีฬาพักอาศัยอยู่ที่ความสูงระดับน้ำทะเลหรือสภาวะ

ปริมาณออกซิเจนปกติ แต่ทำการฝึกซ้อมบนที่สูงหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำระยะเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อครั้ง และ Intermittent hypoxic exposure (IHE) คือ นักกีฬาพักอาศัยและทำการฝึกซ้อมบนอยู่ที่ความสูงระดับน้ำทะเลหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติสลับกับการพักสัมผัสในสภาวะออกซิเจนต่ำระยะเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมงต่อครั้ง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจนถึงปัจจุบัน แม้จะมีการศึกษาเป็นจำนวนมาก แต่ก็ยังไม่สามารถหาข้อสรุปของผลที่เกิดขึ้นการจากฝึกและแนวทางการออกแบบโปรแกรมฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำในรูปแบบการฝึกแบบพักอาศัยอยู่ในที่ต่ำ (สภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และฝึกบนที่สูง (สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) (Live Low – Train High : LLTH) ให้ชัดเจนได้ ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาในการสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีระยะเวลาตั้งแต่ 8 วัน ไปจนถึง 10 สัปดาห์ ระดับของความสูงที่สัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจน ตั้งแต่ 2,300 เมตร ถึง 5,700 เมตร และกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยซึ่งมีทั้งผู้ที่เป็นนักกีฬาและบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่นักกีฬา

จากงานวิจัยพบว่าการฝึกซ้อมในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Intermittent normobaric hypoxic training) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงต่อวัน (Hendriken & Meeuwsen, 2003) นั้นจะสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ (Czuba et al., 2011; Meeuwsen et al, 2001; Bailey et al., 2000) และบางการศึกษาพบว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมได้อีกด้วย (Hamlin et al., 2010) แต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปในเรื่องรูปแบบของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำว่า รูปแบบใดจะสามารถพัฒนาความสามารถของนักกีฬาได้ดีที่สุด เนื่องจากต้องพิจารณาตัวแปรในการฝึกซ้อมหลายอย่าง เช่น การกำหนดปริมาณออกซิเจนที่เทียบเท่ากับระดับความสูง ระยะเวลาในการฝึกหรือพักสัมผัสในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความหนักในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก เป็นต้น จากข้อมูลการสังเคราะห์งานวิจัยด้วยการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) ของวอร์ทแมน (Wortman, 2011) ซึ่งได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการฝึกแบบอยู่ในที่ต่ำและฝึกในที่สูง (Live high-Train low) คือรูปแบบการฝึกที่นักกีฬาพักอาศัยอยู่ที่ระดับน้ำทะเล ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับความดันบรรยากาศปกติ (intermittent normobaric hypoxic training) เพื่อหารูปแบบของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการฝึกมากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนเทียบเท่ากับระดับของความสูงที่ 2,500-3,000 เมตร ระยะเวลาในการฝึก (training cycle) 15 วัน ความถี่ในการฝึก 6

วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึกแต่ละครั้ง 97 นาที และความหนักของการฝึกอยู่ที่ 60-65%VO_2max ที่ระดับน้ำทะเล และประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึกจะมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 หลังจากยุติการฝึก

มีผู้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (intermittent hypoxic training) ที่มีต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมว่า สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำอาจจะไปกระตุ้นการสังเคราะห์เซรุ่มอิริโทรโพอินติน (serum erythropoietin synthesis; sEPO) ซึ่งอิริโทรโพอิตินเป็นฮอร์โมนชนิดไกลโคโปรตีนที่หลั่งออกมาจากไตไปตามกระแสเลือด และมีฤทธิ์ต่อเซลล์ในไขกระดูกให้เร่งการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้มีปริมาณเม็ดเลือดแดงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีความสามารถในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อขณะทำงานได้เพิ่มขึ้น (Knaupp, Khilnani, Sherwood, Scharf, & Steinberg, 1992; Powell & Garcia, 2000) แต่การศึกษาในภายหลังจำนวนมากไม่สนับสนุนสมมติฐานนี้ (Katayama et al.,2004; Rodriguez et al., 2004; Roels et al., 2005) นอกเหนือจากการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและ การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำยังสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมได้ด้วย โดยการเพิ่มความสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงของกรด-ด่างในกล้ามเนื้อได้ (muscle buffering capacity) (Gore et al., 2001) และเพิ่มการย่อยไกลโคเจน (increase glycolytic enzyme activity) (Katayama et al., 2004) โดยการศึกษาของแฮมลินและคณะ (Hamlin et al., 2010) พบว่า ปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดและค่าฮีมาโทคริต (ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังไม่ส่งผลถึงการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม แต่ตัวแปรด้านความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมคือค่าพลังแบบอนากาศนิยม (anaerobic power) จากการทดสอบวินเกจ (30-s wingate test) มีค่าเพิ่มขึ้น ภายหลังจากการฝึกภายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับความสูง 3,200 – 4,400 เมตร เป็นเวลาติดต่อกัน 10 วัน

สำหรับความปลอดภัยของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำนั้น ในสภาวะปกติร่างกายจะมีค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด(S_pO_2) อยู่ที่ร้อยละ 95-100 วัดได้โดยใช้เครื่องตรวจวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดจากชีพจร (Pulse Oximeter) เมื่ออยู่ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ร่างกายได้รับออกซิเจนในปริมาณที่น้อยลง ค่า S_pO_2 ก็จะลดลงเรื่อยๆ ในการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจึงมีข้อควรระวังคือ ระดับ S_pO_2 หากต่ำกว่า 80% อาจทำให้การทำงานของอวัยวะบกพร่อง เช่น สมองและหัวใจ ซึ่งควรได้รับการดูแลและแก้ไขในทันที เนื่องจากหากปล่อยให้มีระดับของออกซิเจนในเลือดในระดับต่ำต่อไปเรื่อย ๆ อาจทำให้เกิดอาการหยุดหายใจ หรือหัวใจหยุดเต้นได้ (Woerlee, 2008) จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Hamlin และคณะ

(Hamlin et al., 2010) พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกความอดทนที่ความหนัก 60-70% ของอัตราการเต้นของชีพจรสำรอง ระยะเวลา 90 นาที ตามด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที จำนวน 2 เซต ในสภาวะออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศ 0.14 เทียบเท่ากับระดับความสูง 3,200 เมตร ขณะฝึกค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (S_pO_2) ลดลงมาอยู่ที่ร้อยละ 88 และเมื่อลดปริมาณออกซิเจนในอากาศให้เทียบเท่าระดับความสูง 4,400 เมตร ในการฝึกวันที่ 10 พบว่า ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (S_pO_2) ลดลงมาอยู่ที่ร้อยละ 83.5

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (Aerobic performance) คือ ความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจน ตัวแปรที่ใช้วัดความสามารถทางด้านนี้ประกอบด้วย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake, VO_2max) และ จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold)

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake, VO_2max) หมายถึง อัตราความสามารถสูงสุดของร่างกายแต่ละบุคคลที่สามารถขนส่งและใช้ออกซิเจนเพื่อการสังเคราะห์พลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic metabolism) ขณะออกกำลังกายที่ระดับสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรของออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อนาที ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นตัวที่บ่งชี้ถึงสมรรถภาพของระบบหายใจและไหลเวียน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน นักกีฬาประเภทใช้ความทนทาน จะมีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่สูงกว่านักกีฬาประเภทอื่นๆ แต่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก็ไม่ใช่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่สามารถบ่งชี้ถึงความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ นักกีฬาที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ระดับใกล้เคียงกัน แต่มีระดับจุดเริ่มล้าที่แตกต่างกัน นักกีฬาที่มีระดับจุดเริ่มล้าที่สูงกว่าจะได้เปรียบมากกว่า

จุดเริ่มล้า

จุดเริ่มล้า (Lactate threshold or Anaerobic threshold) คือจุดที่เริ่มมีการสะสมระดับของการเกิดกรดแลคติกประมาณ 4 มิลลิโมลต่อเดซิลิตร จะอยู่ระหว่างความหนัก 85-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หรือ 70 – 80% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) อาจเรียกอีกอย่างว่า “Onset of Blood Lactate Accumulation” (OBLA) หรือ “Maximal Lactate Steady State” (MLSS) จุดนี้มีอิทธิพลต่อการทำงานของร่างกาย รวมทั้งกระทบต่อการทำงานของระบบการใช้ออกซิเจนด้วย ความหนักที่สูงกว่าตำแหน่งจุดเริ่มล้า กล้ามเนื้อจะเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกอันเป็นผลมาจากการสังเคราะห์พลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากร่างกายมีปริมาณออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการสังเคราะห์พลังงาน

จุดเริ่มล้า เป็นจุดที่ระดับของออกซิเจนที่ร่างกายต้องการใช้สูงกว่าระดับออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ผลิตพลังงานแบบแอโรบิก (ใช้ออกซิเจน) ได้ ร่างกายจึงนำระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน) มาแทนเพื่อผลิตพลังงานให้เพียงพอกับที่ร่างกายต้องการใช้ โดยมีสมมติฐาน ดังนี้ (Wasserman, 1984)

1.เมื่อความหนักและปริมาณงานในการออกกำลังกายสูงขึ้น ความต้องการในการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานจะมีระดับสูงเกินกว่าปริมาณของออกซิเจนที่ไมโตคอนเดรียสามารถดึงมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้

2.ความไม่สมดุลระหว่างความต้องการการใช้ออกซิเจนและความสามารถที่จะนำออกซิเจนไปใช้ผลิตพลังงาน ทำให้เกิดการเพิ่มการทำงานของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน) มีการเปลี่ยนไพรูเวทให้อยู่ในรูปของแลคเตท และแลคเตทจะถูกบัฟเฟอร์โดยไบคาร์บอเนต (HCO^-_3) เป็นหลัก

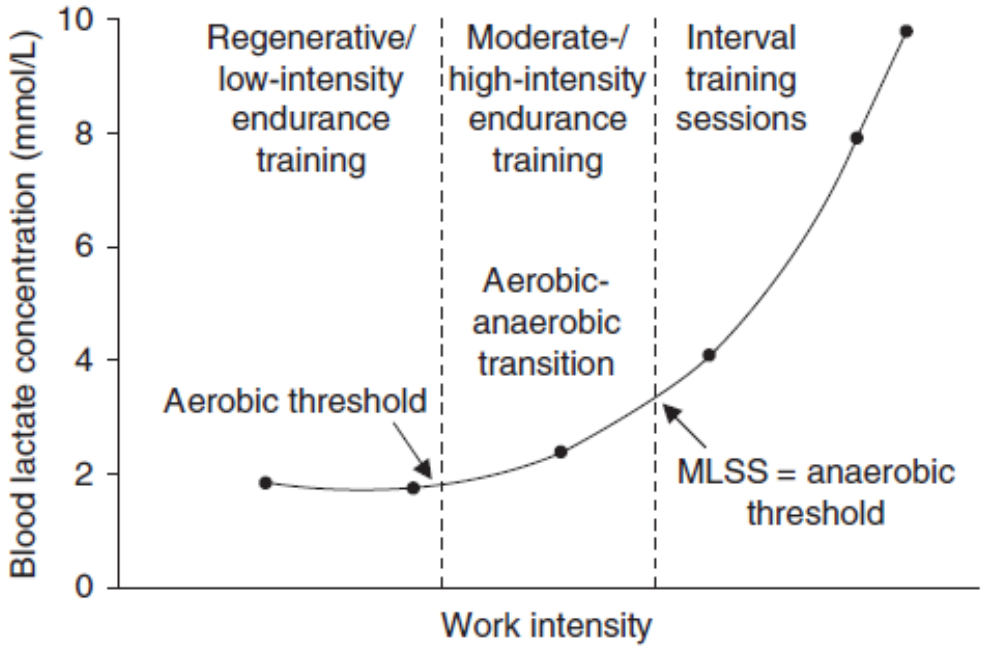
3.คาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกผลิตขึ้นจากกระบวนการบัฟเฟอร์ ทำให้ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกขนส่งไปยังปอดเพิ่มขึ้น ขณะที่การแลกเปลี่ยนไบคาร์บอเนทสำหรับแลคเตทได้ข้ามผ่านเซลล์เมมเบรนของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับกระบวนการไฟฟ้าเคมีที่เกิดใหม่

4.การรบกวนการทำงานของ กระบวนการบัฟเฟอร์และกรดเบสที่เกิดขึ้นสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของการแลกเปลี่ยนก๊าซได้

จากการทดสอบเพื่อหาจุดเริ่มล้าโดยใช้วิธีการวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ โดยการสังเกตปริมาณการหายใจในแต่ละนาที (Minute Ventilation; VE) รวมทั้งปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น (VCO_2) โดยข้อมูลนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเป็นสัดส่วนกับความหนักของการออกกำลังกาย จนกระทั่งถึงจุดที่ปริมาณการหายใจในแต่ละนาที (Minute Ventilation; VE) และ

ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นมากทันที ซึ่งเป็นจุดที่ร่างกายเริ่มมีปริมาณออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการสังเคราะห์พลังงาน และจุดที่มีปริมาณกรดแลคติกเริ่มเพิ่มสูงขึ้นจากระดับเดิม เรียกจุดนี้ว่า จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)

ในช่วงความหนักที่ต่ำกว่าจุดเริ่มล้าหรือก่อนถึงจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) นี้เรียกว่า “Aerobic Threshold” เนื่องจากเป็นจุดที่ยังมีการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และช่วยให้การออกกำลังกายเป็นเวลานานหลายชั่วโมง การออกกำลังกายด้วยความหนักในระดับนี้อาจจะเหมาะสำหรับการส่งเสริมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านการหายใจและไหลเวียนโลหิตในบุคคลที่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเพื่อการนันทนาการทั่วไป ใช้สำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจในผู้ป่วย และสำหรับนักกีฬาความหนักระดับนี้เป็นความหนักระดับเบา (Low intensity) ใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนในนักกีฬาได้ (Kinderman, Simon, & Keula, 1979; Wasserman, 1984)



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดกับความหนักของการออกกำลังกายแสดงให้เห็นถึงความหนักสำหรับการฝึกความอดทนในระดับต่างๆ

ที่มา : Faude et al. (2009)

การออกกำลังกายที่ความหนักที่สูงกว่าจุด Aerobic Threshold ขึ้นมา จะมีผลทำให้เพิ่มระดับของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดแบบคงที่ ระหว่างการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง (Steady State) และสามารถรักษาระดับความหนักนี้ได้ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย (มากกว่า 4 ชั่วโมงสำหรับความหนักในช่วงก่อนถึงจุด Aerobic Threshold และ 45-60 นาที สำหรับความหนักที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนคล้องกันที่บริเวณจุด Anaerobic Threshold; MLSS) และความหนักที่สูงกว่าจุด Anaerobic Threshold เป็นจุดที่ใช้สำหรับการฝึกแบบสลับช่วงเพื่อพัฒนาความอดทนในนักกีฬา (Faude, Kinderman, & Mayer, 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แฮมลินและคณะ (Hamlin et al., 2010) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและอนากาศนิยมในนักกีฬา จำนวน 16 คน โดยใช้โปรแกรมการฝึกความอดทนความหนักที่ 60-70% ของอัตราการเต้นของชีพจรสำรอง ระยะเวลา 90 นาที ตามด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที จำนวน 2 เซต โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มทดลองทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ที่ระดับความสูง 3,200 – 4,400 เมตร ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (S_pO_2) ขณะทำการฝึกอยู่ที่ระดับ 82-88% และกลุ่มควบคุม ทำการฝึกด้วยโปรแกรมเดียวกันในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ระดับน้ำทะเล ทำการฝึกต่อเนื่องกันเป็นจำนวน 10 วัน ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมโดยวิธี 20-km time trial และความสามารถทางอนากาศนิยมโดยวิธีของวินเกจ (30-s Wingate test) พบว่า ค่าพลังแบบอนากาศนิยม (Anaerobic power) ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แต่ตัวแปรทางด้านความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมของกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาความสามารถได้อย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ผลของโปรแกรมการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำนี้ พัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมได้เด่นชัดกว่าความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม

เดเบเวคและคณะ (Debevec et al., 2010) ทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศเท่ากับ 0.12 เทียบเท่าระดับความสูง 4,500 เมตร กลุ่มตัวอย่างเพศชายสุขภาพดี จำนวน 18 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 9 คน คือ กลุ่มทดลองทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และกลุ่มควบคุมทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ฝึกที่ความหนัก 50% ของ Peak Power Output ระยะเวลา 60 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มทำการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (VO_2peak) ทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ พบว่า กลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2peak) เพิ่มขึ้นเมื่อทำการทดสอบในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซูบาและคณะ (Czuba et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถสูงสุดทางอากาศนิยม (aerobic capacity) และความสามารถด้านความอดทน (endurance performance) ในนักกีฬาจักรยาน เพศชาย จำนวน 20 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ปริมาณออกซิเจนในอากาศเท่ากับ 15.2% โดยใช้โปรแกรมการฝึกโดยกำหนดความหนักของการฝึกที่ 90% ของ lactate threshold workload (WR_{LT}) 30-40 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวน 3 สัปดาห์ กลุ่มควบคุมทำการฝึกด้วยโปรแกรมเดียวกันในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ แต่ระดับความหนักของการฝึกอยู่ที่ 100% ของ lactate threshold workload (WR_{LT}) ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรสมรรถภาพทางด้านอากาศนิยม (VO_{2max}, VO_{2LT}, WR_{max}, WR_{LT}, และการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของแลตเตทในเลือดซึ่งทำให้เกิดการล้า (Lactate concentration) ของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และเวลาในการทดสอบ Time Trial ของกลุ่มทดลองลดลง มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ average generate power และ average speed ในการทดสอบ time trial ส่วนตัวแปรทางด้านโลหิตวิทยาพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซูบาและคณะ (Czuba et al., 2013) ทำการศึกษาการฝึกหนักสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ทำการฝึกด้วยแบบฝึกเดียวกัน คือการวิ่งที่ความหนัก 90% ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max velocity) จำนวน 5 รอบ รอบละ 4 นาที และทำการเพิ่มความเร็ว ให้ระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนอยู่ที่ 90% โดยมีช่วงการผ่อนเบา 4 นาที ที่ความหนัก 60% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (active rest) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเกิดประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม คือ ความสามารถสูงสุดทางอากาศนิยม (aerobic capacity) มีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงกว่ากลุ่มที่ฝึกที่ออกซิเจนปกติ

มอร์ตันและเคเบิล (Morton & Cable, 2005) ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและอนากาศนิยม ทำการฝึกโดยแบ่งความหนักสลับเบาออกเป็น 10 ช่วง เริ่มใช้ความหนัก 80 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที สลับกับการพักความหนัก 50 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที ทำสลับกัน 10 รอบ เป็นเวลารวมทั้งหมด 30 นาที และหลังจากการฝึกในครั้งที่ 6 เพิ่มความหนักขึ้นอีก 5% จากความหนักเดิมทั้งในช่วงที่หนักและช่วงที่เบา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ กลุ่มทดลองทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความสูงในระดับ

2,750 เมตร (F_IO_2= 0.15) กลุ่มควบคุมฝึกที่ระดับน้ำทะเล การทดสอบวัดระบบพลังงานแบบแอโรบิคในร่างกายโดยใช้การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิค และการวิเคราะห์แก๊ส พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจน จุดเริ่มล้า และพลังเพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าเนื่องจากมีระยะเวลาในการฝึกที่น้อยเกินไป

ดูฟอร์และคณะ (Dufour et al., 2006) ทำการออกแบบโปรแกรมการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ระบบหน้ากาก) เพื่อหลีกเลี่ยงการลดความหนักของการฝึกเมื่อต้องเข้าไปฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกลจำนวน 18 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ปริมาณออกซิเจน 14.5% เทียบเท่าความสูงระดับ 3,000 เมตร และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ โดยทำการฝึกที่ระดับจุดเริ่มล้าที่ 2 (Second Ventilatory Threshold; VT_2) 12-20 นาที สลับกับการพักที่ 60% VO_2max 5 นาที สองช่วง โดยกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะทำการพักที่สภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ทำการฝึกสัปดาห์ละ 5 ครั้ง จำนวน 6 สัปดาห์ จากการศึกษาผลของการฝึก พบว่า กลุ่มที่ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (ทั้งทดสอบในสภาวะออกซิเจนต่ำและออกซิเจนปกติ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

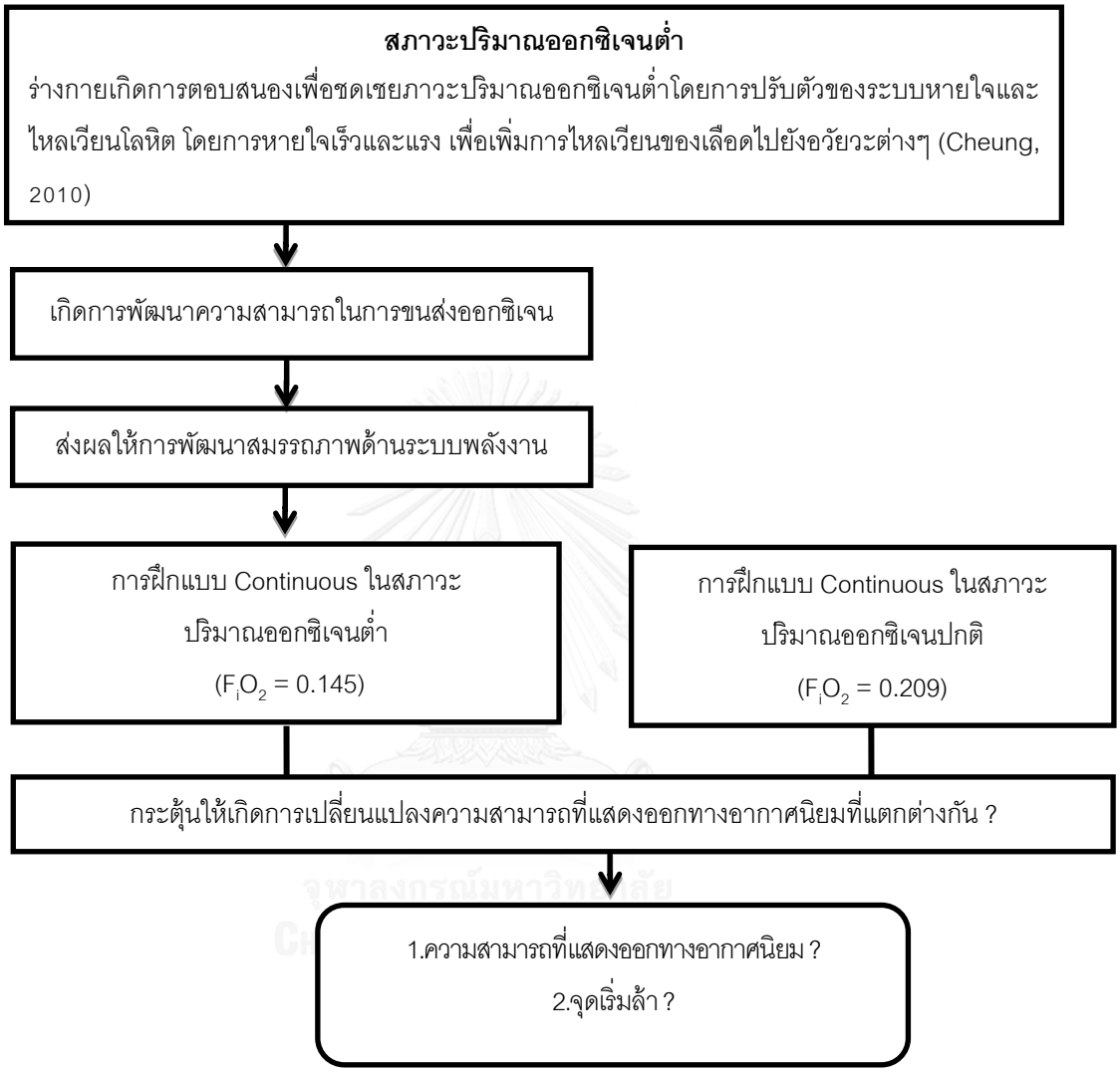
การสังเคราะห์งานวิจัยด้วยการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) ของวอร์ทแมน (Wortman, 2011) ได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการฝึกแบบอยู่ในที่ต่ำและฝึกในที่สูง (Live high-Train low) เพื่อสร้างรูปแบบของการฝึกที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าขนาดผลกระทบของความสูงอยู่ที่ 2,500-3,000 เมตร ระยะเวลาในการฝึก (training cycle) 15 วัน ความถี่ในการฝึก 6 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการฝึกแต่ละครั้ง 97 นาที และความหนักของการฝึกอยู่ที่ 60-65%VO_2max ที่ระดับน้ำทะเล และประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึกจะมีค่าสูงสุดในวันที่ 8 หลังจากยุติการฝึก

ผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อการเพิ่มความสามารถของนักกีฬาในสภาวะปกตินั้นยังมีความคลุมเครือ จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถเพิ่มความสามารถที่แสดงออกด้านความอดทนได้หลังจากการฝึก เช่น การศึกษาของ Zoll และคณะ (Zoll et al., 2006) ที่ศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) ที่มีผลต่อความสามารถของนักวิ่ง โดยศึกษาการปรับตัวในระดับเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมของนักวิ่ง ผลจากการศึกษาพบว่าในกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณ

ออกซิเจนต่ำมีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และมีงานวิจัยที่ไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถพัฒนาความสามารถด้านความอดทนได้หลังจากการฝึก เช่น การศึกษาของมอร์ตันและเคเบิล (Morton and Cable, 2005) ที่ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและอนากาศนิยม ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความสูงในระดับ 2,750 เมตร (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.15) จากการศึกษาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดเริ่มล้า และพลังเพิ่มมากขึ้นทั้งกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าเนื่องจากมีระยะเวลาในการฝึกที่น้อยเกินไป โดยความแตกต่างของผลที่ได้จากการฝึกนั้นอาจเกิดจากความแตกต่างของวิธีฝึก ซึ่งประกอบชนิดของการฝึก ปริมาณในการฝึก ความหนักในการฝึก โดยโบเนตติและฮอบกินส์ (Bonetti and Hopkins, 2009) กล่าวว่า ความหนักในการฝึกเป็นปัจจัยหลักที่บ่งบอกถึงระดับการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และ ซูบาและคณะ (Czuba et al., 2013) กล่าวเสริมว่า นอกจากความหนักในการฝึกแล้ว ปริมาณของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำยังมีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอีกเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ 0.145) ระยะเวลา 6 สัปดาห์ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า และเปรียบเทียบผลการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ 0.145) และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ 0.209) ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า เพื่อนำผลที่ได้และวิธีการไปประยุกต์ใช้กับนักกีฬาเรือพาย โดยขั้นตอนการศึกษาวิจัยได้ผ่านการพิจารณาโดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โครงการวิจัยเลขที่ 041.1/58 เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2558 ผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็น นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 เพศชาย อายุ 19-24 ปี ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) การแบ่งกลุ่มโดยใช้ตารางกำหนดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 กำหนดขนาดผลกระทบ (Effect size) ที่ 1.30 และ ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.70 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็น 14 คน และทำการจัดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบสุ่ม (Random Assignment) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.145 เทียบเท่าความสูงระดับ 3,000 เมตร ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.209 เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1.ต้องเป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 เพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 19-24 ปี

2.ในระหว่างการฝึกนักกีฬาต้องไม่เข้าร่วมการฝึกเสริมนอกเหนือจากการฝึกซ้อมเรือพายตามปกติในช่วง 3 เดือนก่อนทำวิจัย

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรคหรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire หรือ PAR-Q) โดยต้องตอบว่า “ไม่เคย” ทุกข้อ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

4.ผ่านการตรวจคัดกรองโรคโลหิตจาง (Anemia, Thalassemia) และ ไม่มีประวัติของการเป็นภาวะโลหิตจาง

5.ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องปราศจากอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ หรือการบาดเจ็บใดๆที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึก

6.มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1.ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2.เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามโปรแกรมน้อยกว่าร้อยละ 90 ของช่วงระยะเวลาฝึก (ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์) คือเข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 22 ครั้ง จากการฝึกทั้งหมด 24 ครั้ง

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และชี้แจงให้ทราบว่าการตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม กลุ่มตัวอย่างสามารถแจ้งการขอออกจากการศึกษาได้ก่อนการวิจัยจะสิ้นสุดลง โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือทำอธิบายใดๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่มีผลอันใดต่อกลุ่มตัวอย่างและครอบครัว และเมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ร่วมกับบิดามารดาหรือผู้ปกครอง “การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นไปโดย **สมัครใจ** และสามารถ **ปฏิเสธ** ที่จะเข้าร่วมหรือ **ถอนตัว** จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ”

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.แบบยินยอมของประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Informed Consent Form)

2.แบบข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Patient/Participant Information Form)

3.แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire หรือ PAR-Q)

เครื่องมือที่ใช้ในการฝึก

1.ห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ (Hypoxic training room) ขนาดกว้าง 4.2 เมตร ยาว 5.6 เมตร โดย Altitude Training System ประเทศออสเตรเลีย ติดตั้ง ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing ergometer) Concept II model D ประเทศสหรัฐอเมริกา

3. โปรแกรมการฝึกนักกีฬาเรือพาย

เครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปรทางสรีรวิทยา

1.เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ ประเทศเกาหลีใต้

2. เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึก (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar Team^{2}Pro) ประเทศฟินแลนด์

3. เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นหัวใจแบบดิจิตอล (Finger Pulse Oximeter) ยี่ห้อโนนิน (Nonin) ประเทศสหรัฐอเมริกา

เครื่องมือสำหรับการวัดตัวแปรทางความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (7x4 min incremental test protocol) (Tanner & Gore, 2013)

1. เครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing ergometer) Concept II model D ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์

3.สายคาดวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Transmitter) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar)

4.เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ (Cortex) รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี (MetaMax 3B): Breath by breath ประเทศเยอรมนี

5. เครื่องมือในการจับเวลา นิวเทสท์ พาวเวอร์ไทม์เมอร์ รุ่น SW – 300

6.แบบวัดระดับรับรู้ความเหนื่อย (Rating of perceived exertion; RPE)

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล</u>

1.แบบบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยา

2.แบบบันทึกข้อมูลความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมโดยใช้ 7x4 incremental test

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

<u>ก่อนการทดลอง</u>

1.ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สมรรถภาพและการใช้ระบบพลังงานในกีฬาเรือพาย การออกแบบโปรแกรมการฝึก และการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเรือพาย

2.จัดทำโปรแกรมการฝึกโปรแกรมการฝึกนักกีฬาเรือพายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing Ergometer)

3.ประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเป็นไปได้ของโปรแกรม และพิจารณาความสอดคล้องขององค์ประกอบในโปรแกรมในการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence: IOC) โดยกำหนดความสอดคล้องที่ค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป หรือร้อยละ 60 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ ถ้าในข้อใดมีค่าน้อยกว่าจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

4.นำโปรมแกรมการฝึกเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย ก่อนนำเสนอคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.ศึกษารายละเอียดวิธีการใช้และการดูแลรักษาเครื่องมือเพื่อการฝึก การเก็บรวบรวมข้อมูล และสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

6.ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.งานวิจัยนี้กำหนดให้ผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญามหาบัณฑิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 จำนวน 2 คน เข้ารับการอบรมขั้นตอนของการทดสอบ และขั้นตอนการฝึกซ้อมจากคณะผู้วิจัย ได้แก่ การทดสอบ

สมรรถภาพทางกาย การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า การตั้งค่าปริมาณออกซิเจนภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ การดูแลรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งการจดบันทึกข้อมูลต่างๆของนักกีฬาอย่างถูกต้อง

ขณะทำการทดลอง

1.ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) และทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากเพื่อจัดกลุ่มและรูปแบบการฝึก

2.ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการทดสอบตัวแปรต่างๆก่อนการทดลองดังนี้

- ตัวแปรองค์ประกอบของร่างกายทั่วไป ได้แก่ น้ำหนักและส่วนสูง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition Analyzer) รุ่น ioi353

- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักด้วยเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์ และสายคาดวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Transmitter) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) เพื่อวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเป็นเวลา 1 นาที

- ทำการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนการทดลอง (7x4 min incremental test protocol) โดยผู้เข้ารับการทดสอบสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายรัด คาดไว้ที่บริเวณหน้าอก และสวมหน้ากากซึ่งมีอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานเพิ่มความหนักขึ้นทีละขั้นจำนวน 7 ขั้น ขั้นละ 4 นาทีสลับกับการพัก 1 นาที ในช่วงพักผู้เข้ารับการทดสอบจะถูกเจาะเลือดในปริมาณครั้งละไม่เกิน 5 ไมโครลิตร โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแลคเตทในเลือด โดยจะระมัดระวังไม่ให้การเจาะเลือดมีการบาดเจ็บกระทบต่อการฝึก และจะมีการทำลายตัวอย่างเลือดทิ้งหลังจากสิ้นสุดการทดสอบภายในวันนั้น

3.เริ่มทำการใช้โปรแกรมการฝึก ซึ่งได้ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.145 เทียบเท่าความสูงระดับ 3,000 เมตร ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ (F_iO_2) = 0.209 เทียบเท่าความสูงที่ระดับน้ำทะเล ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ จำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

4.ทางผู้วิจัยจัดน้ำสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย และสามารถดื่มได้ตลอดระยะเวลาการฝึก และของว่างสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยจะจัดให้เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวัน

5.โปรแกรมการฝึกสำหรับนักกีฬาเรือพายจะใช้โปรแกรมการฝึกเดียวกัน แต่ทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างตรงที่สภาวะปริมาณออกซิเจนระหว่างการฝึก สถานที่ฝึกคือห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถานที่ทดสอบคือห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทางผู้วิจัยได้จัดเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อเกิดการบาดเจ็บจากการฝึก ในกรณีเกิดเหตุสุดวิสัย ทางผู้วิจัยได้จัดเตรียมรถตู้เพื่อนำผู้บาดเจ็บไปส่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ได้ทันท่วงที

6.การทดสอบประกอบด้วยการทดสอบ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง (3 สัปดาห์) และการทดสอบหลังการทดลอง (6 สัปดาห์) นักกีฬาจะได้รับการทดสอบตัวแปรต่างๆที่แสดงถึงสมรรถภาพทางกายพื้นฐาน และตัวแปรที่แสดงถึงความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม โดยทำการทดสอบ 1 วัน ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการทดสอบแต่ละครั้งจะดำเนินการทดสอบในวันเวลา และสถานที่เดียวกัน โดยมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยคอยดูแลอย่างใกล้ชิด

7.วิเคราะห์ผลทางสถิติ และนำเสนอผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลครบ ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูลเบื้องต้น

1.วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) บันทึกข้อมูลและทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

2.วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (VO_2 at Anaerobic Threshold) และ อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Heart Rate at Anaerobic Threshold) ระหว่างกลุ่ม ก่อนการฝึก หลังการฝึก 3 สัปดาห์ และหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มและระหว่างกลุ่มทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ชนิดวัดซ้ำ (One – way analysis of variance with repeated measures)

3.หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำการทดสอบรายคู่ด้วยวิธีตูกี (Turkey)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง “ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า” ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ก่อนการฝึก หลังการฝึก 3 สัปดาห์ และหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.209) และกลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วนำมาเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง แบ่งการนำเสนอออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวแปรทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อจุดเริ่มล้าของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6

ตอนที่ 4 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ระหว่างกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

ตอนที่ 5 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อจุดเริ่มล้า ระหว่างที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแปรทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=7)	กลุ่มทดลอง (n=7)	t	*p*
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	73.71±12.17	65.24±8.39	1.516	0.156
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.57±8.75	46.71±7.71	-1.102	0.292
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที)	166.71±14.33	165.71±9.05	0.156	0.879
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	34.42±5.05	38.57±2.87	-1.873	0.086

$p > .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนการทดลอง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ)

	กลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) (n=7)							
	ก่อนฝึก		**หลังฝึกสัปดาห์ที่** 3		**หลังฝึกสัปดาห์ที่** 6		F	*p*
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.57	8.75	44.42	5.85	48.42	6.42	1.236	0.314

$p > .05$

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ของกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

	กลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) (n=7)							
	ก่อนฝึก		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 3		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 6		F	*p*
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	46.71	4.71	49.57	4.99	52.14	4.84	2.191	0.141

$p > .05$

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่มีต่อจุดเริ่มล้าของกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และกลุ่มที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ)

	กลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) (n=7)							
	ก่อนฝึก		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 3		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 6		F	*p*
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้ง/นาที)	166.71	14.33	177.42	16.86	179.00	15.63	1.315	0.293
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/นาที/กิโลกรัม)	34.42	5.09	39.00	6.60	40.42	6.67	1.806	0.193

$p > .05$

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ของกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

	กลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) (n=7)							
	ก่อนฝึก		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 3		**หลังฝึก สัปดาห์ที่** 6		F	*p*
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้ง/นาที)	165.71	9.05	174.42	13.72	183.00	14.08	3.348	0.058
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/นาที/กิโลกรัม)	38.57	2.87	40.71	3.77	44.85*	5.08	4.436	0.027

*p<.05 แตกต่างกับก่อนฝึก

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้นหลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 เมื่อเทียบกับก่อนฝึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 4 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนฝึก ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=7)	กลุ่มทดลอง (n=7)	t	*p*
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	73.71±12.17	65.24±8.39	1.516	0.156
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.57±8.75	46.71±7.71	-1.102	0.292

$p > .05$

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ก่อนฝึก ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	**กลุ่มควบคุม (n=7)**	**กลุ่มทดลอง (n=7)**	t	*p*
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	73.71±11.88	65.45±8.55	1.492	0.161
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	44.42±5.85	49.57±4.99	-1.768	0.102

$p > .05$

จากตารางที่ 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	**กลุ่มควบคุม (n=7)**	**กลุ่มทดลอง (n=7)**	t	*p*
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	73.77±11.97	65.50±8.50	1.490	0.162
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	48.42±6.42	52.14±4.84	-1.221	0.245

$p > .05$

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 5 การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อจุดเริ่มล้า ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า ก่อนฝึก ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=7)	กลุ่มทดลอง (n=7)	t	*p*
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที)	166.71±14.33	165.71±9.05	0.156	0.879
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	34.42±5.05	38.57±2.87	-1.873	0.086

$p > .05$

จากตารางที่ 9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ก่อนฝึก ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	**กลุ่มควบคุม (n=7)**	**กลุ่มทดลอง (n=7)**	t	*p*
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที)	177.42±16.50	174.42±13.72	0.370	0.718
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	39.00±6.60	40.71±3.77	-0.596	0.565

p > .05

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังฝึกสัปดาห์ที่ 3 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรจุดเริ่มล้า หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มควบคุม (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) และกลุ่มทดลอง (ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)

ตัวแปร	**กลุ่มควบคุม (n=7)**	**กลุ่มทดลอง (n=7)**	t	*p*
อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที)	179.00±15.36	183.00±14.08	-0.508	0.621
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	40.42±6.67	44.85±5.08	-1.396	0.188

$p > .05$

จากตารางที่ 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า ผู้เข้าร่วมการวิจัยคือนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 19-24 ปี จำนวน 14 คน แบ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน ได้แก่กลุ่มควบคุม ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.209, ความดันบรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอท) และ กลุ่มทดลอง ทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145, ความดันบรรยากาศ = 760 มิลลิเมตรของปรอท) กำหนดให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า เป็นระยะเวลา 30 นาที จำนวน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ครั้ง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างกัน ทำการทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยาก่อนการฝึก หลังการฝึก 3 สัปดาห์ และหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) และ อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (ครั้งต่อนาที)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิจัยพบว่า

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า ของกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าไม่แตกต่างกัน

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า ของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าไม่แตกต่างกัน แต่พบว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า ของกลุ่มทดลอง หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกับก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้าที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่จุดเริ่มล้า อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่า ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (continuous exercise) ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ระยะเวลา 30 นาที กำหนดอัตราการเต้นของหัวใจที่ 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ครั้ง ยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าในผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะมีผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าได้มากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของสอดคล้องกับผลการศึกษาของ โรลส์และคณะ (Roels et al., 2007) ที่พบว่าการฝึกแบบสลับช่วงร่วมกับการฝึกแบบต่อเนื่องในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ เทียบเท่าระดับความสูง 3,000 เมตร (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ให้ผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ไม่แตกต่างกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ และการศึกษาของมอร์ตันและเคเบิล (Morton and Cable, 2005) ที่พบว่าการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.15) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและอนากาศนิยม ในทางตรงกันข้าม ซูบาและคณะ (Czuba et al., 2013) ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ความหนัก 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สลับกับการวิ่งที่ความหนัก 60% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที จำนวน 4-5 รอบ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเทียบเท่าระดับความสูง 2,500 เมตร (สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.152) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า มีผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาบาสเกตบอล

จากการศึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ พบทั้งงานวิจัยที่การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะออกซิเจนปกติ และงานวิจัยที่ให้ผลไม่แตกต่างกัน จากการพิจารณาพบว่า มีปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องคือ ความหนักในการฝึก สัดส่วนปริมาณออกซิเจนในอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับความสูง ความถี่ในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก โดยโบเนตติและฮอบกินส์ (Bonetti and Hopkins, 2009) กล่าวว่า ความหนักในการฝึกเป็นปัจจัยหลักที่บ่งบอกถึงระดับการเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และ ซูบาและ

คณะ (Czuba et al., 2013) กล่าวเสริมว่า นอกจากความหนักในการฝึกแล้ว ปริมาณของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ยังมีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอีกเช่นกัน

รูปแบบการฝึกในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและพัฒนาจุดเริ่มล้า รูปแบบการฝึกในงานวิจัยนี้เป็นการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักคงที่ตลอด 30 นาที ซึ่งมีความแตกต่างจากงานวิจัยของซูบา (Czuba et al., 2013) ที่ใช้รูปแบบการฝึกแบบหนักสลับเบาในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักคงที่ สอดคล้องกับมิลาโนวิคและคณะ (Milanovic, Sporis, & Weston, 2015) ที่กล่าวว่า การฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สามารถทำได้ทั้งรูปแบบการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักคงที่ และการฝึกแบบความหนักสูงสลับเบา แต่เมื่อเปรียบเทียบกันการฝึกแบบความหนักสลับเบานั้นจะให้ผลในการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ดีกว่า แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ใช้รูปแบบการฝึกแบบหนักสลับเบายังมีงานวิจัยที่ไม่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าได้ จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการใช้รูปแบบการฝึกแบบใดในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะให้ผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ดีกว่า และจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรอื่นร่วมด้วย

ความหนักของการฝึกในงานวิจัยนี้เป็นการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าจุดเริ่มล้าหรือก่อนถึงจุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold) จุดนี้เป็นจุดที่ยังมีการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และช่วยให้การออกกำลังกายเป็นเวลานานหลายชั่วโมง การออกกำลังกายด้วยความหนักในระดับนี้อาจจะเหมาะสำหรับการส่งเสริมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านการหายใจและไหลเวียนโลหิตในบุคคลที่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเพื่อการนันทนาการทั่วไป ใช้สำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจในผู้ป่วย และสำหรับนักกีฬาความหนักระดับนี้เป็นความหนักระดับเบา (Low intensity) ใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนในนักกีฬาได้ (Faude et al., 2009) ผลการวิจัยนี้พบว่าโปรแกรมการฝึกยังไม่สามารถพัฒนาตัวแปรสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในผู้เข้าร่วมการวิจัย เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ให้ผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้าของซูบา (Czuba et al.,2011) ซึ่งฝึกที่ระดับใกล้เคียงกับจุดเริ่มล้า และของดูฟอร์ (Dufour et al., 2006) ซึ่งฝึกที่ระดับจุดเริ่มล้า ทำให้เห็นว่าความหนักของการฝึกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีระดับความหนักที่ต่ำไป โดยคีธและคณะ (Keith et al., 1992) กล่าวว่าการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับ

จุดเริ่มล้าหรือการฝึกที่ระดับความหนักที่สูงกว่าจุดเริ่มล้าสลับพักสามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าได้ และการศึกษาของจิราดร ถิ่นอ่วมและเฉลิม ชัยวัชราภรณ์ (จิราดร ถิ่นอ่วน และ เฉลิม ชัยวัชราภรณ์, 2555) พบว่าการฝึกที่ความหนัก 90-95% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งเป็นการฝึกที่มีความหนักอยู่เหนือระดับจุดเริ่มล้า สามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าในนักกีฬาฟุตบอลได้ จึงเป็นไปได้ว่าความหนักของการฝึกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีระดับความหนักที่ต่ำไป

ผู้เข้าร่วมการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้เป็นบุคคลที่ไม่ใช่นักกีฬา ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ ที่เป็นนักกีฬา จึงเป็นไปได้ว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ไม่ใช่นักกีฬานั้นจะมีการตอบสนองต่อการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ยากกว่าบุคคลที่เป็นนักกีฬา ซึ่ง มอลลาร์ดและคณะ (Mollard et al, 2007) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) และค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SaO_2) ระหว่างบุคคลที่เป็นนักกีฬา (ได้รับการฝึกสมรรถภาพด้านความอดทน) และบุคคลที่ไม่ได้เป็นนักกีฬาในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดของกลุ่มบุคคลที่เป็นนักกีฬามีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เป็นนักกีฬาอย่างมีนัยสำคัญ และในการศึกษาที่คล้ายกันของ วอรอนส์และคณะ (Woorons et al, 2007) แสดงให้เห็นว่าค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดขณะฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ในกลุ่มคนที่เป็นนักกีฬามีค่าลดต่ำกว่ากลุ่มคนไม่ได้เป็นนักกีฬาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งงานวิจัยทั้งสองกล่าวว่า สาเหตุของการลดลงนี้อาจเกิดจากการที่กลุ่มบุคคลที่เป็นนักกีฬามีการเพิ่มการตอบสนองต่อสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำได้ดีกว่า (Mollard et al, 2007; Woorons et al, 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัยครั้งนี้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ยังต้องมีการปรับปรุงโปรแกรมการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ เพื่อที่จะสามารถนำรูปแบบของการฝึกไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการฝึกสำหรับนักกีฬาเรือพายต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรมีการศึกษานำร่องโปรแกรมที่ใช้ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำว่ามีผลในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก่อนการฝึกในสภาวะปกติหรือไม่ ก่อนที่จะนำมาฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ แล้วจึงนำผลมาเปรียบเทียบกัน

2.ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำในแต่ละชนิดกีฬา เพื่อหารูปแบบการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่เหมาะสมกับประเภทกีฬานั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิราดร ถิ่นอ่วน, & เฉลิม ชัยวัชราภรณ์. (2555). การเปรียบเทียบผลของแบบฝึกแอโรบิกและแบบฝึกแอนแอโรบิกที่มีผลต่อจุดเริ่มล้าของนักกีฬาฟุตบอล รุ่นอายุ 18 ปี. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, *13*(1), 25-37.

สมชาย กุลโสภิต, ประทุม ม่วงมี, & กิดาการ สายธนู. (2555). ผลการฝึกซ้อมบนที่สูงที่มีต่อสมรรถนะเชิงแอโรบิก แอนแอโรบิกและความสามารถของนักกีฬาเรือพาย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, *12*(1), 75-87.

ภาษาอังกฤษ

Adams, W. C., Bernauer, E. M., Dill, D., & Bomar, J. B. (1975). Effects of equivalent sea-level and altitude training on vo2max and running performance. *Journal of Applied Physiology, 39*(2), 262-266.

Bailey, D. M., & Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *Br J Sports Med, 31*(3), 183-190.

Bonetti, D. L., & Hopkins, W. G. (2009). Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis. *Sports medicine, 39*(2), 107-127. doi:10.2165/00007256-200939020-00002

Cheung, S. (2010). *Advanced environmental exercise physiology*: Human Kinetics.

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*(1), 103. doi:10.2478/hukin-2013-0073

Debevec, T., Amon, M., Keramidas, M. E., Kounalakis, S. N., Pišot, R., & Mekjavic, I. B. (2010). Normoxic and hypoxic performance following 4 weeks of normobaric hypoxic training. *Aviation, space, and environmental medicine, 81*(4), 387-393.

Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., . . . Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance

runners. I. improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology, 100*(4), 1238-1248. doi:10.1152/japplphysiol.00742.2005

Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports medicine, 39*(6), 469-490.

Fox, E., & Mathews, D. (1981). The physiological basis of physical education and athletics. *Philadelphia: WB Saunders Co*.

Gore, C. J., Hahn, A. G., Aughey, R. J., Martin, D. T., Ashenden, M. J., Clark, S. A., . . . McKenna, M. J. (2001). Live high:train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta Physiol Scand, 173*(3), 275-286. doi:10.1046/j.1365-201X.2001.00906.x

Hamlin, M. J., Marshall, H. C., Hellemans, J., Ainslie, P. N., & Anglem, N. (2010). Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 20*(4), 651-661. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00946.x

Katch, V. L., McArdle, W. D., & Katch, F. I. (2011). *Essentials of exercise physiology*: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

Keith, S. P., Jacobs, I., & McLellan, T. M. (1992). Adaptations to training at the individual anaerobic threshold. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 65*(4), 316-323.

Kerr, D., Ackland, T., & Schreiner, A. (1995). The elite athlete assessing body shape, size, proportion and composition. *Asia Pacific Journal Clinical Nutrition, 4*(1), 25-30.

Kindermann, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 42*(1), 25-34.

Knaupp, W., Khilnani, S., Sherwood, J., Scharf, S., & Steinberg, H. (1992). Erythropoietin response to acute normobaric hypoxia in humans. *Journal of Applied Physiology, 73*(3), 837-840.

Meeuwsen, T., Hendriksen, I. J., & Holewijn, M. (2001). Training-induced increases in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *Eur J Appl Physiol, 84*(4), 283-290.

Milanovic, Z., Sporis, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for vo2max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine, 45*(10), 1469-1481. doi:10.1007/s40279-015-0365-0

Mollard, P., Woorons, X., Letournel, M., Cornolo, J., Lamberto, C., Beaudry, M., & Richalet, J. (2007). Role of maximal heart rate and arterial o2 saturation on the decrement of vo2max in moderate acute hypoxia in trained and untrained men. *International journal of sports medicine, 28*(3), 186.

Morton, J. P., & Cable, N. T. (2005). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics, 48*(11-14), 1535-1546.

Nolte, V. (2011). *Rowing Faster-2nd Edition*: Human Kinetics.

Robergs, R. A., & Roberts, S. O. (1997). *Exercise Physiology: Exercise, Performance, and Clinical Applications*: Mosby.

Rusko, H., Tikkanen, H., & Peltonen, J. (2004). Altitude and endurance training. *Journal of Sports Sciences, 22*(10), 928-945.

Secher, N. H., Volianitis, S., & Jürimäe, J. (2009). Physiology *Rowing* (pp. 42-65): Blackwell Publishing Ltd.

Shephard, R. J. (1998). Science and medicine of rowing: A review. *Journal of Sports Sciences, 16*(7), 603-620. doi:10.1080/026404198366416

Sökmen, B., Beam, W., Witchey, R., & Adams, G. (2002). Effect of interval versus continuous training on aerobic and anaerobic variables. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 34*(5), S91.

Tanner, R., & Gore, C. (2013). *Physiological tests for elite athletes*: Human Kinetics.

Wasserman, K. (1984). The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis, 129*(2 Pt 2), S35-40. doi:10.1164/arrd.1984.129.2P2.S35

Wehrlin, J. P., & Hallén, J. (2006). Linear decrease in vo2max and performance with increasing altitude in endurance athletes. *Eur J Appl Physiol, 96*(4), 404-412.

West, J. B., Schoene, R. B., Luks, A. M., & Milledge, J. S. (2012). *High altitude medicine and physiology 5E*: CRC Press.

Woerlee G.M. (2008). Anesthesia & hypoxia. Retrieved from http://www.anesthesiaweb.org/hypoxia.php

Woorons, X., Mollard, P., Pichon, A., Lamberto, C., Duvallet, A., & Richalet, J. P. (2007). Moderate exercise in hypoxia induces a greater arterial desaturation in trained than untrained men. *Scand J Med Sci Sports, 17*(4), 431-436.

Wortman, M. D. (2011). *Training variables of the live low-train high training model: a meta-analysis*. (Master Degree in Kinesiology (Exercise Science)), California State University, Sacramento.

Zoll, J., Ponsot, E., Dufour, S., Doutreleau, S., Ventura-Clapier, R., Vogt, M., . . . Flück, M. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts. *Journal of Applied Physiology, 100*(4), 1258-1266.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ใบรับรองโครงการวิจัย
ข้อมูลสำหรับประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 178/2558

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 041.1/58 : ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ผู้วิจัยหลัก : นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 21 เมษายน 2558 **วันหมดอายุ** : 20 เมษายน 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

ลำดับที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
2. *หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องหยุดิ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย*
3. *ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด*
4. *ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตรากคณะกรรมการเท่านั้น*
5. *หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ*
6. *หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ*
7. *โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น*

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
(สำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกลุ่มทดลอง)
(Patient / Participant information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ชื่อผู้วิจัย นายทรงพรรศน์ จินาพงศ์ นิสิตระดับปริญญามหาบัณฑิต
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์มือถือ 082-8919292 E-mail : songdhasn.c@gmail.com

เอขที่โครงการวิจัย 041.1/58

วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

1.ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2.โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ว่ามีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทนหรือไม่ โดยมีการทดสอบสมรรถภาพผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนการฝึก หลังจากการฝึกเสร็จสิ้น 3 สัปดาห์ และหลังจากการฝึกเสร็จสิ้น 6 สัปดาห์

3.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถด้านความอดทนและจุดเริ่มล้า และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถด้านความอดทนและจุดเริ่มล้า

4.รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน20 คนโดยการเลือกแบบสะดวก และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

<u>เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)</u>

1.เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 เพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี

2.ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake, VO_2max) อยู่ระหว่าง 40.7-50.5 มล./กก./นาที ในการทดสอบก่อนการฝึก

2.ในระหว่างการฝึกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องไม่เข้าร่วมการฝึกเสริมนอกเหนือจากการฝึกระหว่างการทดลองในช่วง 3 เดือนก่อนทำวิจัย

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรคหรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire หรือ PAR-Q) โดยต้องตอบว่า "ไม่เคย" ทุกข้อ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

4.ผ่านการตรวจคัดกรองโรคโลหิตจาง (Anemia, Thalassemia) โดยผู้วิจัยหลักเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายให้ และ ไม่มีประวัติของการเป็นภาวะโลหิตจาง

5.ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องปราศจากอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ หรือการบาดเจ็บใดๆที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึก

6.มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1.ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2.เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามโปรแกรมน้อยกว่าร้อยละ 90 ของช่วงระยะเวลาฝึก (ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์) คือเข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 22 ครั้ง จากการฝึกทั้งหมด 24 ครั้ง

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

5.กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ใช้ระยะการดำเนินการวิจัย 9 สัปดาห์ แบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์ และการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง หลังการทดลอง 3 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 20 คน ออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 10 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เพื่อเลือกกลุ่มและสภาวะการฝึก ประกอบด้วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศเท่ากับ 0.145 เทียบเท่ากับความสูงระดับ 3,000 เมตร ความดันบรรยากาศปกติ ทำการฝึก 4 ครั้ง ต่อสัปดาห์ คือวันจันทร์ อังคาร พฤหัสบดี และวันศุกร์ ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งประมาณ 70 นาที โดยมีผู้วิจัยหลักและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน ควบคุมดูแลการฝึกและการทดสอบตลอดกิจกรรม ทั้งนี้กิจกรรมการฝึกของแต่ละครั้งมีดังนี้

1.พักสัมผัสสภาวะออกซิเจนต่ำก่อนการฝึกเพื่อให้ร่างกายปรับสภาพและคุ้นชินภายในห้องฝึกสภาวะออกซิเจนต่ำ เป็นเวลา 10 นาที

2.อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 นาที

3.อบอุ่นร่างกายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ที่ความหนักไม่เกิน 40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที

4.ช่วงฝึก ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานอย่างต่อเนื่อง ที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold) เป็นเวลา 30 นาที

(การออกกำลังกายที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า เป็นการออกกำลังกายระดับเบา สามารถนำมาใช้ฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของนักกีฬาได้)

5.ผ่อนคลายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่ความหนัก 40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที

นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 20 คน จะได้รับการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง (หลังการฝึก 3 สัปดาห์) และหลังการทดลอง (หลังการฝึก 6 สัปดาห์) ซึ่งการทดสอบและครั้งประกอบด้วย

1.องค์ประกอบทางร่างกายพื้นฐาน น้ำหนักตัวและส่วนสูง

2.อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

3.การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า ทดสอบด้วยวิธีการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานเพิ่มงานเป็นลำดับขั้น ขั้นละ 4 นาที รวมทั้งหมด 7 ขั้น สลับกับการพัก 1 นาที ระหว่างการทดสอบ ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายรัด คาดไว้ที่บริเวณหน้าอก และสวมหน้ากากซึ่งมีอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อทำทางการออกกำลังกาย

6.ขณะการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า จะมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะจากปลายนิ้วเก็บตัวอย่างเลือดประมาณไม่เกิน 5 ไมโครลิตร จำนวน 24 ครั้ง (แบ่งเป็นก่อนการทดลอง 8 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 8 ครั้ง และหลังการทดลอง 8 ครั้ง) โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ และจะระมัดระวังไม่ให้การเจาะเลือดมีการบาดเจ็บกระทบต่อการฝึก เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแล้วตัวอย่างเลือดจะถูกทำลายทั้งหมดภายในวันนั้นทันที ก่อนกำจัดตามวิธีของขยะติดเชื้อ

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

AF 04-07

การทดสอบจะถูกจัดขึ้นในวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 15.00 น. – 16.30 น. (ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที) ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้การทดสอบในแต่ละวันจะดำเนินการทดสอบในวัน เวลา และสถานที่เดียวกัน โดยมีผู้วิจัยหลัก ผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

7.ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงและทำความเข้าใจถึงข้อมูลในส่วนต่างๆแก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการฝึก และลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกทั้งหมดด้วยตนเองและมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน โดยมีผู้ฝึกสอนของทีมคอยดูแลร่วมด้วย

8.ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และการฝึก มีการให้คำแนะนำ ให้ความรู้และวิธีปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก รวมถึงการทดสอบทุกครั้ง ผู้วิจัยจะมีการให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา โดยในขณะทำการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด เพื่อควบคุมการฝึกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และหากมีกรณีที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บจากการวิจัยที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะมีการดูแลโดยการให้การปฐมพยาบาลเบื้องต้นและหากเกิดอาการบาดเจ็บอย่างรุนแรงก็จะนำส่งต่อไปพบแพทย์ในโรงพยาบาลใกล้เคียงกับสถานที่ฝึก โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

9.ผลการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบว่า การฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะพัฒนาความอดทนได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ โดยที่ใช้โปรแกรมการฝึกเดียวกัน และระยะเวลาในการฝึกเท่ากัน และเมื่อทราบผลการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงให้ผู้ฝึกสอนกีฬาเรือพายตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้ทราบถึงผลดีของการวิจัยที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งปรึกษาและประสานงานกับผู้ฝึกสอนเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาเรือพายเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

10.เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างแต่ละกลุ่มการฝึก ผู้วิจัยจึงขอร้องให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดให้

11. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

12. ผู้วิจัยจะจัดหารถรับ-ส่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย สำหรับการเดินทางมาฝึกและทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาที่ห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ และห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจะมอบค่าเสียเวลาสำหรับการเดินทางมาทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 250 บาท เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบหลังการทดลอง

13. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายัง**สมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

14. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

15. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

รหัสที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
(สำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกลุ่มควบคุม)
(Patient / Participant information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ชื่อผู้วิจัย นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์ นิสิตระดับปริญญามหาบัณฑิต
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์มือถือ 082-8919292 E-mail : songdhasn.c@gmail.com

เอขที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

1.ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2.โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ว่ามีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทนหรือไม่ โดยมีการทดสอบสมรรถภาพผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนการฝึก หลังจากการฝึกเสร็จสิ้น 3 สัปดาห์ และหลังจากการฝึกเสร็จสิ้น 6 สัปดาห์

3.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถด้านความอดทนและจุดเริ่มล้า และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถด้านความอดทนและจุดเริ่มล้า

4.รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

<u>เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)</u>

1.เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 เพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี

2.ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake, VO_2max) อยู่ระหว่าง 40.7-50.5 มล./กก./นาที ในการทดสอบก่อนการฝึก

2.ในระหว่างการฝึกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องไม่เข้าร่วมการฝึกเสริมนอกเหนือจากการฝึกระหว่างการทดลองในช่วง 3 เดือนก่อนทำวิจัย

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสุขภาพแข็งแรงปราศจากโรคหรืออาการที่ทำให้ไม่พร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire หรือ PAR-Q) โดยต้องตอบว่า "ไม่เคย" ทุกข้อ จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

4.ผ่านการตรวจคัดกรองโรคโลหิตจาง (Anemia, Thalassemia) โดยผู้วิจัยหลักเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายให้ และ ไม่มีประวัติของการเป็นภาวะโลหิตจาง

5.ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องปราศจากอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ หรือการบาดเจ็บใดๆที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึก

6.มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1.ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2.เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามโปรแกรมน้อยกว่าร้อยละ 90 ของช่วงระยะเวลาฝึก (ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์) คือเข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 22 ครั้ง จากการฝึกทั้งหมด 24 ครั้ง

3.ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อ

5.กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ใช้ระยะการดำเนินการวิจัย 9 สัปดาห์ แบ่งเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์ และการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง หลังการทดลอง 3 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 20 คน ออกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 10 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เพื่อเลือกกลุ่มและสภาวะการฝึก ประกอบด้วย กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศเท่ากับ 0.209 เทียบเท่ากับความสูงระดับน้ำทะเลปานกลาง ความดันบรรยากาศปกติ ทำการฝึก 4 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ศิลปชัยนทร์ ชังคาร พฤหัสบดี และวันศุกร์ ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งประมาณ 70 นาที โดยมีผู้วิจัยหลักและผู้ช่วยวิจัย [illegible] ควบคุมดูแลการฝึกและการทดสอบตลอดกิจกรรม ทั้งนี้กิจกรรมการฝึกของแต่ละครั้งมีดังนี้

โครงการวิจัย 041-1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

1.พักสัมผัสสภาวะออกซิเจนปกติก่อนการฝึก เป็นเวลา 10 นาที

2.อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 นาที

3.อบอุ่นร่างกายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ที่ความหนักไม่เกิน 40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที

4.ช่วงฝึก ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานอย่างต่อเนื่อง ที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold) เป็นเวลา 30 นาที

(การออกกำลังกายที่ความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า เป็นการออกกำลังกายระดับเบา สามารถนำมาใช้ฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของนักกีฬาได้)

5.ผ่อนคลายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานที่ความหนัก 40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที

นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 20 คน จะได้รับการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 3 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง (หลังการฝึก 3 สัปดาห์) และหลังการทดลอง (หลังการฝึก 6 สัปดาห์) ซึ่งการทดสอบและครั้งประกอบด้วย

1.องค์ประกอบทางร่างกายพื้นฐาน น้ำหนักตัวและส่วนสูง

2.อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

3.การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า ทดสอบด้วยวิธีการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานเพิ่มงานเป็นลำดับขั้น ขั้นละ 4 นาที รวมทั้งหมด 7 ขั้น สลับกับการพัก 1 นาที ระหว่างการทดสอบ ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายรัด คาดไว้ที่บริเวณหน้าอก และสวมหน้ากากซึ่งมีอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อท่าทางการออกกำลังกาย

6.ขณะการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า จะมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะจากปลายนิ้วเก็บตัวอย่างเลือดประมาณไม่เกิน 5 ไมโครลิตร จำนวน 24 ครั้ง (แบ่งเป็นก่อนการทดลอง 8 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 8 ครั้ง และหลังการทดลอง 8 ครั้ง) โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ และจะระมัดระวังไม่ให้การเจาะเลือดมีการบาดเจ็บกระทบต่อการฝึก เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแล้วตัวอย่างเลือดจะถูกทำลายทั้งหมดภายในวันนั้นทันที ก่อนกำจัดตามวิธีของขยะติดเชื้อ

การทดสอบจะถูกจัดขึ้นในวันจันทร์ พุธ ศุกร์ เวลา 15.00 น. – 16.30 น. (ใช้เวลาทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที) ณ ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้การทดสอบในแต่ละวันจะดำเนินการทดสอบในวัน เวลา และสถานที่เดียวกัน โดยมีผู้วิจัยหลัก ผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่คอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

AF 04-07

7.ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงและทำความเข้าใจถึงข้อมูลในส่วนต่างๆแก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการฝึก และลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกทั้งหมดด้วยตนเองและมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน โดยมีผู้ฝึกสอนของทีมคอยดูแลร่วมด้วย

8.ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และการฝึก มีการให้คำแนะนำ ให้ความรู้และวิธีปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก รวมถึงการทดสอบทุกครั้ง ผู้วิจัยจะมีการให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา โดยในขณะทำการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด เพื่อควบคุมการฝึกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และหากมีกรณีที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บจากการวิจัยที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะมีการดูแลโดยการให้การปฐมพยาบาลเบื้องต้นและหากเกิดอาการบาดเจ็บอย่างรุนแรงก็จะนำส่งต่อไปพบแพทย์ในโรงพยาบาลใกล้เคียงกับสถานที่ฝึก โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

9.ผลการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบว่า การฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะพัฒนาความอดทนได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ โดยที่ใช้โปรแกรมการฝึกเดียวกัน และระยะเวลาในการฝึกเท่ากัน และเมื่อทราบผลการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงให้ผู้ฝึกสอนกีฬาเรือพายตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้ทราบถึงผลดีของการวิจัยที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งปรึกษาและประสานงานกับผู้ฝึกสอนเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาเรือพายเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

10.เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างแต่ละกลุ่มการฝึก ผู้วิจัยจึงขอร้องให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดให้

16. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

17. ผู้วิจัยจะจัดหารถรับ-ส่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย สำหรับการเดินทางมาฝึกและทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาที่ห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ และห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจะมอบค่าเสียเวลาสำหรับการเดินทางมาทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 250 บาท เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบหลังการทดลอง

18. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายัง**สมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

19. **ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ** หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

20. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

เอกสารรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน จุฬาฯ

เอกสารที่โครงการวิจัย 041.1/58

วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
(สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มควบคุม)

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ชื่อผู้วิจัย นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด

ที่อยู่ที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 082-8919292 E-mail: songdhasn.c@gmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ (ที่ไม่มีการปรับลดปริมาณออกซิเจน) ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน โดยมีการฝึกสัปดาห์ละ 4 วัน วันละประมาณ 70 นาที (วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันศุกร์) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ครั้งที่ 2 ระหว่างการทดลอง และครั้งที่ 3 หลังการทดลอง ครั้งละ 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยระหว่างการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจะมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะจากปลายนิ้ว เก็บตัวอย่างเลือดประมาณไม่เกิน 5 ไมโครลิตร จำนวน 24 ครั้ง โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ (แบ่งเป็นก่อนการทดลอง 8 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 8 ครั้งและหลังการทดลอง 8 ครั้ง) เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแล้วตัวอย่างเลือดจะถูกทำลายทิ้งหมดภายในวันนั้นทันที ก่อนกำจัดตามวิธีของขยะติดเชื้อ

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202

E-mail: eccu@chula.ac.th

เอขที่โครงการวิจัย 041.1/58

วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เอชที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
(สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มทดลอง)

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ชื่อผู้วิจัย นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด

ที่อยู่ที่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 082-8919292 E-mail: songdhasn.c@gmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับการฝึกออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ภายในห้องฝึกออกซิเจนต่ำ (ปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145) ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน โดยมีการฝึกสัปดาห์ละ 4 วัน วันละประมาณ 70 นาที (วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันศุกร์) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา จำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ครั้งที่ 2 ระหว่างการทดลอง และครั้งที่ 3 หลังการทดลอง ครั้งละ 3 วัน วันละ 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยระหว่างการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจะมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด โดยการเจาะจากปลายนิ้ว เก็บตัวอย่างเลือดประมาณไม่เกิน 5 ไมโครลิตร จำนวน 24 ครั้ง โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ (แบ่งเป็นก่อนการทดลอง 8 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 8 ครั้งและหลังการทดลอง 8 ครั้ง) เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบแล้วตัวอย่างเลือดจะถูกทำลายทิ้งหมดภายในวันนั้นทันที ก่อนกำจัดตามวิธีของขยะติดเชื้อ

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3200

E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/58

วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558

วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เอชที่โครงการวิจัย 041.1/58
วันที่รับรอง 21 เม.ย. 2558
วันหมดอายุ 20 เม.ย. 2559

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ภาคผนวก ข
โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาเรือพาย
สำหรับกลุ่มทดลอง

วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (aerobic performance) และจุดเริ่มล้า (anaerobic threshold) ของนักกีฬาเรือพาย

รูปแบบการฝึก ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน (rowing Ergometer) แบบต่อเนื่อง (continuous Training)

สถานที่ฝึก ห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหนักของการฝึก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า
สัปดาห์ที่ 1-3 ความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า
สัปดาห์ที่ 4-6 ความหนัก 85-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า

สภาวะจำลองออกซิเจนต่ำ

สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศ 0.145 เทียบเท่าความสูงที่ระดับ 3,000 เมตร ความดันบรรยากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิห้อง 23-25 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงโปรแกรมการฝึก 6 สัปดาห์

ความถี่และระยะเวลาในการฝึก

ฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันศุกร์) เวลา 15.00 น.- 16.10 น.
เป็นจำนวน 6 สัปดาห์ รวมจำนวนครั้งในการฝึก 24 ครั้ง

วิธีการฝึก

กิจกรรม	ความหนัก	ระยะเวลา
พักสัมผัสสภาวะออกซิเจนต่ำ	-	10 นาที
อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	-	10 นาที
อบอุ่นร่างกายด้วยการออกกำลังกาย ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน	<60% HRmax	10 นาที
ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน อย่างต่อเนื่อง	80-90% HR at anaerobic threshold	30 นาที
ผ่อนคลายด้วยการออกกำลังกาย ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน	<60% HRmax	10 นาที
รวม		**70 นาที**

ขณะทำการฝึกจะมีผู้วิจัยหลักและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คนคอยควบคุมตลอดระยะเวลาการฝึก

โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาเรือพาย

สำหรับกลุ่มควบคุม

วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (aerobic performance) และจุดเริ่มล้า (anaerobic threshold) ของนักกีฬาเรือพาย

รูปแบบการฝึก ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน (rowing Ergometer) แบบต่อเนื่อง (continuous Training)

สถานที่ฝึก ห้องฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหนักของการฝึก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า

สัปดาห์ที่ 1-3 ความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า

สัปดาห์ที่ 4-6 ความหนัก 85-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า

สภาวะจำลองออกซิเจนต่ำ

สัดส่วนของออกซิเจนในอากาศ 0.209 เทียบเท่าความสูงที่ระดับทะเลปานกลาง ความดันบรรยากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิห้อง 23-25 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงโปรแกรมการฝึก 6 สัปดาห์

ความถี่และระยะเวลาในการฝึก

ฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ วันอังคาร วันพฤหัสบดี วันศุกร์) เวลา 16.30 น. – 17.40 น.

เป็นจำนวน 6 สัปดาห์ รวมจำนวนครั้งในการฝึก 24 ครั้ง

วิธีการฝึก

กิจกรรม	ความหนัก	ระยะเวลา
พักสัมผัสสภาวะออกซิเจนปกติ	-	10 นาที
อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	-	10 นาที
อบอุ่นร่างกายด้วยการออกกำลังกาย ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน	<60% HRmax	10 นาที
ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน อย่างต่อเนื่อง	80-90% HR at anaerobic threshold	30 นาที
ผ่อนคลายด้วยการออกกำลังกาย ด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน	<60% HRmax	10 นาที
รวม		**70 นาที**

ขณะทำการฝึกจะมีผู้วิจัยหลักและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คนคอยควบคุมตลอดระยะเวลาการฝึก

ภาพที่ 2 เครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing Ergometer) และหน้าจอแสดงผล

ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอควบคุมปริมาณออกซิเจนภายในห้องฝึก

ภาคผนวก ค
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก

1. รองศาสตราจารย์ พันตรี ดร.รุ่งชัย ชวนไชยะกูล	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย	อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ	อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการตรวจสอบเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
ของโปรแกรมการฝึก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ				IOC	ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	1	2	3	4		
1.การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ สัดส่วนของปริมาณออกซิเจนในอากาศ = 0.145 เทียบเท่ากับความสูงระดับ 3,000 เมตร ที่ความดันบรรยากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท	1	1	1	1	1.0	
2.ขั้นตอนการฝึก						
2.1 รูปแบบการฝึก						
2.1.1 ออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing Ergometer) แบบต่อเนื่อง (Continuous training)	1	1	1	1	1.0	
2.2 ช่วงอบอุ่นร่างกาย						
2.2.1 พักสัมผัสสภาวะออกซิเจนต่ำก่อนการฝึก เพื่อให้ร่างกายปรับสภาพและคุ้นชิน 10 นาที	1	1	1	1	1.0	
2.2.2 อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที	1	1	1	1	1.0	
2.2.3 อบอุ่นร่างกายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ที่ความหนักไม่เกิน 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 10 นาที	1	0	1	1	0.75	
2.3 ช่วงออกกำลังกาย						
2.3.1 ระยะเวลาออกกำลังกาย 30 นาที	1	1	1	1	1.0	
2.3.2 ความหนักของการออกกำลังกาย 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold)	0	1	1	1	0.75	

2.4 ช่วงผ่อนคลาย 2.4.1 ผ่อนคลายด้วยการออกกำลังกายด้วยเครื่องกรรเชียงวัดงาน ที่ความหนักไม่เกิน 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 10 นาที	1	0	1	1	0.75	
3.ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 4 วัน ต่อ สัปดาห์	1	1	0	1	0.75	
4.ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก 6 สัปดาห์	1	1	1	1	1.0	
IOC					0.9	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาเรือพาย

(7x4 incremental test)

<u>วัตถุประสงค์</u>

หาค่าความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ประกอบด้วย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Consumption: VO_2max) และจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold:) ในห้องปฏิบัติการ (Tanner R. and Gore C, 2013)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องกรรเชียงวัดงาน (Rowing ergometer) Concept II model D ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์

3.สายคาดวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Transmitter) ยี่ห้อโพลาร์ (Polar)

4.เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ (Cortex) รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี (MetaMax 3B): Breath by breath ประเทศเยอรมนี

5. เครื่องมือในการจับเวลา นิวเทสท์ พาวเวอร์ไทม์เมอร์ รุ่น SW – 300

6.ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือดที่ปลายนิ้ว (Capillary Blood Sampling)

7.เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Lactate Analyzer, Analox Instrument) ประเทศอังกฤษ ใช้ร่วมกับสารเคมีวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Lactate II reagent kit)

8.แบบวัดระดับรับรู้ความเหนื่อย (Rating of perceived exertion; RPE)

<u>วิธีการ</u>

1.ผู้เข้ารับการทดสอบต้องไม่มีการออกกำลังกายในระดับที่หนักก่อนการทดสอบ 12 ชั่วโมง งดดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ก่อนทำการทดสอบ 24 ชั่วโมง โดยการทดสอบจะเกิดขึ้นถัดจากวันที่ทำการฝึก

2.กำหนดค่า Drag factor ของเครื่องกรรเชียงวัดงานที่ 120 (เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างจัดอยู่ในกลุ่ม Junior Male) และตั้งค่าต่างๆที่หน้าจอแสดงผล ให้แสดงค่าวัตต์ในแต่ละครั้ง (Watts each stroke) ตั้งค่าเวลาการทดสอบและเวลาพัก (Work load 4 : 1 rest time)

3.ผู้เข้ารับการทดสอบสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีลักษณะเป็นสายรัด คาดไว้ที่บริเวณหน้าอก และสวมหน้ากากซึ่งมีอุปกรณ์เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ

4.ผู้วิจัยจัดให้ผู้เข้ารับการทดสอบอยู่ในท่าทางที่สะดวกต่อการเคลื่อนไหวตลอดการทดสอบ

5.เก็บตัวอย่างเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อหาค่ากรดแลกติดในเลือดขณะพัก (ก่อนทำการทดสอบ) โดยเทคนิคการแพทย์วิชาชีพ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแลคเตทในเลือด โดยจะระมัดระวังไม่ให้การเจาะเลือดมีการบาดเจ็บกระทบต่อการฝึก และนำไปวิเคราะห์ด้วย Lactate analyzer

6.อบอุ่นร่างกายบนเครื่องกรรเชียงบกด้วยความเร็วที่ผู้รับการทดสอบรู้สึกว่าไม่เบาหรือหนักจนเกินไป ไปเรื่อยๆ จนครบ 3 นาที

Chulalongkorn University

7. หลังจากอบอุ่นร่างกายเสร็จเรียบร้อย เข้าสู่โปรแกรมการทดสอบ โดยในแต่ละ stage จะใช้เวลา 4 นาที สลับกับการพัก 1 นาที

Previous Years Selection Ergometer Time	6:40.0 - 6:50.0	6:50.0 - 7:00.0	7:00.0 - 7:10.0	7:10.0 - 7:20.0	7:20.0 - 7:30.0	7:30.0 - 7:40.0	7:40.0 - 7:50.0
Work Load Incremental (W)	25	25	25	20	20	15	15
Work Load 1 (W)	150	130	115	125	110	120	110
Work Load 2 (W)	175	155	140	145	130	135	125
Work Load 3 (W)	200	180	165	165	150	150	140
Work Load 4 (W)	225	205	190	185	170	165	155
Work Load 5 (W)	250	230	215	205	190	180	170
Work Load 6 (W)	275	255	240	225	210	195	185
Work Load 7 (W)	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Work Load 1 (mm:ss.s)	02:12.8	02:19.3	02:25.2	02:21.2	02:27.3	02:23.1	02:27.3
Work Load 2 (mm:ss.s)	02:06.2	02:11.4	02:15.9	02:14.3	02:19.3	02:17.6	02:21.2
Work Load 3 (mm:ss.s)	02:00.7	02:05.0	02:08.7	02:08.7	02:12.8	02:12.8	02:15.9
Work Load 4 (mm:ss.s)	01:56.0	01:59.7	02:02.7	02:03.8	02:07.4	02:08.7	02:11.4
Work Load 5 (mm:ss.s)	01:52.0	01:55.2	01:57.8	01:59.7	02:02.7	02:05.0	02:07.4
Work Load 6 (mm:ss.s)	01:48.5	01:51.3	01:53.5	01:56.0	01:58.7	02:01.7	02:03.8
Work Load 7 (mm:ss.s)	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. ค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์แก๊สทุกๆ 5 วินาที ได้แก่

8.1 อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

8.2 ความสามารถที่แสดงออกทางการใช้ออกซิเจน (VO_2)

8.3 ความสามารถที่แสดงออกทางการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2)

8.4 ความสามารถที่แสดงออกทางการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)

8.5 ปริมาณอากาศที่หายใจออก (VE)

9.6 อัตราส่วนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (RER)

9. ผู้วิจัยบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ, อัตราการพาย (Stroke rate) ทุก 1 นาที

10. ผู้วิจัยบันทึกค่าระยะทางที่ได้, ค่าเฉลี่ยของ Power Output, 500m pace เมื่อสิ้นสุดการทดสอบแต่ละขั้น โดยบันทึกในช่วง 15 วินาทีสุดท้าย

11. เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์หาแลคเตทในเลือด ในช่วงพักระหว่างขั้น 1 นาที วิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์กรดแลกติกในเลือด (Lactate Analyzer, Analox Instrument) ประเทศอังกฤษ ใช้ร่วมกับสารเคมีวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Lactate II reagent kit)

12. ค่าจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) เป็นจุดหรือระดับที่ร่างกายเริ่มมีการเปลี่ยนการใช้พลังงานแบบแอโรบิก ไปเป็นระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ซึ่งหาได้โดยใช้ค่าระบายอากาศ (Ventilatory Threshold) โดยหาได้จาก ค่าวี – สโลป (V-slope method) โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของอัตราส่วนระหว่าง VE/VO_2 (Wasserman, 1983)

จะหยุดทำการทดสอบเมื่อ

1.ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติถึงระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นกว่าระดับนั้น แม้จะมีการปฏิบัติต่อไปอีก)

2.เมื่อปฏิบัติจนอัตราการเต้นของหัวใจถึงระดับสูงสุด

3.อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respiratory Exchange Ratio) เท่ากับ หรือสูงกว่า 1.15

4.ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดสูงกว่า 8 มิลลิโมลต่อลิตร

5.อาการสั่นทั้งตัวขณะปฏิบัติ

โดยพิจารณาจากเมื่อถึงตามเกณฑ์ดังกล่าว 3 ใน 5 ข้อ จากนั้นทำการบันทึกค่าที่ได้

และ 6.ผู้เข้ารับการทดสอบร้องขอให้หยุด

ภาคผนวก จ
แบบบันทึกข้อมูลความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและจุดเริ่มล้า

ทดสอบครั้งที่..... วันที่ทดสอบ.....

หมายเลขผู้เข้ารับการทดสอบ/ผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง.....ซม.

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก.....ครั้ง/นาที ความดันโลหิต.....มม.ปรอท

STAGE	I	II	III	IV	V	V	VII
Workload							
HR							
RPE							
VO_2							
VCO_2							
VE							
Stroke Rate							
Distance							
Av Power Output							
500 m pace							
Lactate (mmol/L)							

VO_2max (ml/kg/min)……**RER**……

เหตุผลในการหยุดการออกกำลังกาย……

หมายเหตุ……

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ
ขั้นตอนและวิธีการเจาะเลือดเพื่อหาความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Lactate Analyzer, Analox Instrument) ประเทศอังกฤษ ใช้ร่วมกับสารเคมีวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Lactate II reagent kit)

2. เข็มเจาะเลือด

3. Capillary Tube สำหรับเก็บตัวอย่างเลือด

4. Micropipette

5.แอลกอฮอล์สำหรับฆ่าเชื้อ

6.สำลี

7.ถุงมือยาง

วิธีทำการทดสอบ

1.กดเปิดการทำงานของเครื่อง Lactate Analyzer รอเพื่อให้อุณหภูมิของเครื่องอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการทดสอบ

2.ปรับปริมาตร Micropipette ให้อยู่ในระดับที่กำหนด

3.ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ เช็ดทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะเจาะเลือดของมือข้างที่ไม่ถนัดทุกครั้งที่ทำการเก็บข้อมูล

4.เจาะเลือดจากปลายนิ้ว บีบให้ได้เลือดขนาดไม่เกิน 5 ไมโครลิตร ใช้ Capillary Tube เก็บตัวอย่างเลือด จากนั้นใช้ Micropipette ดูดเลือดจาก Capillary Tube ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ หยดตัวอย่างเลือกลงในช่องใส่สาร รออ่านผลการทดสอบ

5.เครื่องจะเริ่มการวิเคราะห์ค่าแลคเตทในเลือด โดยใช้เวลาประมาณ 60 วินาที จะได้ค่าความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด มีหน่วยเป็น มิลลโมตรต่อลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4 เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Lactate Analyzer)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช
แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (PAR-Q)

หมายเลขผู้เข้ารับการทดสอบ/ผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

อายุ.....ปี.....เดือน

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับบุคคลที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี มีคำถามทั้งสิ้น 7 ข้อ

ใช่	ไม่	กรุณาทำเครื่องหมายถูกหน้าข้อที่เกิดขึ้น
		1. แพทย์เคยพูดถึงปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวกับหัวใจ หรือเคยได้รับคำแนะนำจากแพทย์ในเรื่องดังกล่าวหรือไม่
		2. คุณเคยเจ็บหน้าอกขณะออกกำลังกายหรือไม่
		3. ใน 1 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยเจ็บหน้าอก แม้ไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่
		4. คุณเคยเสียการทรงตัว เพราะสาเหตุมาจากการเวียนศีรษะหรือเคยหมดสติหรือไม่
		5. คุณเคยมีปัญหาเรื่องข้อกระดูก (เช่น ปวดหลัง, ปวดเข่า, ปวดสะโพก) หรือไม่ ถ้าเคยมีปัญหาดังกล่าว สาเหตุมาจากการออกกำลังกายหรือไม่
		6. แพทย์เคยให้ยาที่ใช้สำหรับลดความดัน หรือยาที่เกี่ยวข้องกับการรักษาอาการโรคหัวใจหรือไม่
		7. คุณทราบเหตุผลอื่นๆที่จะทำให้คุณไม่ควรออกกำลังกายหรือไม่

หมายเหตุ PAR-Q หรือ Physical Activity Readiness Questionnaire (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติมปี ค.ศ. 2002) โดยสถาบันสรีรวิทยาการออกกำลังกายประเทศแคนาดา (Canadian Society for Exercise Physiology)

ภาคผนวก ซ

แบบวัดระดับรับรู้ความเหนื่อย (Rating of perceived exertion; RPE) (Borg, 1982)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายทรงทรรศน์ จินาพงศ์ เกิดวันที่ 4 มิถุนายน 2533 ภูมิลำเนาจังหวัดแพร่

สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา (เกียรตินิยมอันดับสอง) ปีการศึกษา 2555

เข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ด้วยวิธีพิเศษ ปีการศึกษา 2556

โดยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา และทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University