ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

นางรองรัก สุวรรณรัตน์

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF HIGH - INTENSITY INTERVAL TRAINING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON AEROBIC FITNESS AND TOLERANCE TO FATIGUE IN YOUTH SOCCER PLAYERS

Mrs. Rongrak Suwannarat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน
โดย	นางรองรัก สุวรรณรัตน์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ดรุณวรรณ สุขสม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ
	João Brito de Oliveira Fernandes, Ph.D.

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดรุณวรรณ สุขสม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(João Brito de Oliveira Fernandes, Ph.D.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

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

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ พันตรี ดร.รุ่งชัย ชวนไชยะกูล)

รองรัก สุวรรณรัตน์ : ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน (EFFECTS OF HIGH - INTENSITY INTERVAL TRAINING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON AEROBIC FITNESS AND TOLERANCE TO FATIGUE IN YOUTH SOCCER PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. ดรุณวรรณ สุขสม, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ, João Brito de Oliveira Fernandes, Ph.D., 143 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชนชาย อายุ 15-16 ปี จำนวน 32 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 16 คน และกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 16 คน นักกีฬาได้รับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สลับกับความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4-5 เซ็ต 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป สมรรถภาพทางแอโรบิก และความทนต่อการเมื่อยล้า วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มที่ก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ แบบ 2 x 3 (กลุ่ม x ช่วงเวลาทดสอบ) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึกทั้งที่ 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และระยะทางที่ทำได้จากการทดสอบโยโย่มากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีจุดก้นแอนแอโรบิกมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า เวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความบรรยากาศปกติสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าได้มากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ บ่งชี้ว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำน่าจะนำมาใช้เป็นรูปแบบในการฝึกนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้เป็นอย่างดี

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5578609039 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING, NORMOBARIC HYPOXIA, AEROBIC FITNESS, TOLERANCE TO FATIGUE, YOUTH SOCCER PLAYERS

RONGRAK SUWANNARAT: EFFECTS OF HIGH - INTENSITY INTERVAL TRAINING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON AEROBIC FITNESS AND TOLERANCE TO FATIGUE IN YOUTH SOCCER PLAYERS. ADVISOR: ASSOC. PROF. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D., CO-ADVISOR: KANANG SRIHIRUN, Ph.D., JOãO BRITO DE OLIVEIRA FERNANDES, Ph.D., 143 pp.

The purpose of the present study was to determine the effects of normoxic and normobaric hypoxic high-intensity interval training (HIIT) on aerobic fitness and tolerance to fatigue in youth soccer players. All subjects were male youth soccer players (n = 32), aged 15-16 years. Players were separated into two groups including HIIT group in normoxia (FiO_2 = 20.9 % / NG; n = 16) and HIIT group in normobaric hypoxia (FiO_2 = 15.3 % / HG; n = 16). Players performed 4 min at 90–95 % of maximal heart rate (HRmax) for alternated with 3 min at 60–70 % of HRmax 4-5 sets per day, 3 days per week for 8 weeks. The measurements of general physiological characteristics, aerobic fitness and tolerance to fatigue were assessed before, after 4 weeks and after 8 weeks of training. A 2 x 3 (group x time) ANOVA with repeated measures followed by Bonferroni's multiple comparisons was used to analyze the data. A significance level of 0.05 was considered for statistical significance.

The results showed that after 4 weeks and 8 weeks, the mean values of weight, height, BMI, body fat, heart rate, systolic blood pressure and diastolic blood pressure were not significantly difference between HG and NG. The mean values of HRmax, maximal O_2 consumption , anaerobic threshold after 4 weeks and 8 weeks and distance covered in the Yo-Yo test after 8 weeks training in HG was higher than in NG ($p<0.05$). The mean values of blood lactate at 75 min, blood lactate at the fatigue point, penalty time and global performance time of soccer passing test after 8 weeks training in HG were lower than in NG ($p<0.05$).

In conclusions, HIIT in normobaric hypoxia had greater effects on aerobic fitness and tolerance to fatigue than HIIT in normoxia. This indicated that HIIT in normobaric hypoxia can be used as a training model for youth soccer players.

Field of Study: Sports Science
Academic Year: 2016

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำแนะนำช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ดรุณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ และ Dr. João Brito อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ช่วยกรุณาให้แนวคิดและคำปรึกษา รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้โอกาสพร้อมทั้งจุดประกายทางปัญญาแก่ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ประธานกรรมการการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. เบญจพล เบญจพลากร และรองศาสตราจารย์ พันตรี ดร. รุ่งชัย ชวนไชยะกูล กรรมการการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ที่ได้แนะนำการปรับปรุงแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการฝึกและทดสอบของงานวิจัยและสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณ อาจารย์บุญเลิศ เกียรติเอี่ยม คณาจารย์โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย และนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งตลอดโครงการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา นิสิตวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต นิสิตวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต นิสิตวิทยาศาสตรบัณฑิต ที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างทุ่มเททั้งแรงกายแรงใจจนการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณมิตรภาพที่ดีจากเพื่อน วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตรุ่นที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยาศาสตรบัณฑิตรุ่นที่ 3 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา และเพื่อนมัธยมศึกษาโรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์และโรงเรียนกาญจนานุเคราะห์ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนโครงการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและ ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านทุนการวิจัยครั้งนี้ การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและกำลังใจจาก อาจารย์สมคิด สุวรรณรัตน์ นายคงคาวิน นางสาวจุลพา นางสาวเจลณิชสา และนายอณรรฆ สุวรรณรัตน์

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ครูบาอาจารย์ และผู้มีอุปการะคุณทุกท่านของผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9
คำถามของการวิจัย 9
สมมุติฐานของการวิจัย 10
ขอบเขตของการวิจัย 10
คำจำกัดความของการวิจัย 12
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
1. กีฬาฟุตบอล 15
2. การฝึกกีฬา 17
3. การฝึกกีฬาฟุตบอล 20
4. การฝึกในที่สูง 24
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
6. กรอบแนวคิดการวิจัย 34
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

กลุ่มตัวอย่าง 35
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 36
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
การวิเคราะห์ข้อมูล 49
ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย 49
การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 50
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 51
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 58
ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 78
สรุปผลการวิจัย 79
อภิปรายผล 83
สรุปผลการวิจัยในภาพรวม 90
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 91
รายการอ้างอิง 92
ภาคผนวก 103
ภาคผนวก ก 104

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ข 112
ภาคผนวก ค 121
ภาคผนวก ง 124
ภาคผนวก จ 131
ภาคผนวก ฉ 132
ภาคผนวก ช 136
ภาคผนวก ซ 137
ภาคผนวก ฌ 138
ภาคผนวก ญ 139
ภาคผนวก ฎ 140
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 143

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก 51

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาขนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 52

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก 58

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 59

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ ช่วงก่อนการฝึก 66

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 34

รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 48

รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของน้ำหนักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 54

รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของส่วนสูงของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 54

รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีมวลกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 55

รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของไขมันของร่างกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 55

รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 56

รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 56

รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 57

รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 61

รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจุดกั้นแอนแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 62

รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 63

รูปที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 64

รูปที่ 14 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 65

รูปที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 69

รูปที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 70

รูปที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดขณะพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 72

รูปที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาทีของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 73

รูปที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 74

รูปที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่ทำได้ของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ 75

รูปที่ 22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่ถูกปรับโทษของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 76

รูปที่ 23 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่แสดงถึงความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์..... 77

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาฟุตบอล (Football) หรือบางประเทศเรียกว่า ซอคเกอร์ (Soccer) เป็นกีฬาประเภททีมที่เล่นระหว่างผู้เล่นสองฝ่าย ๆ ละ 11 คน (โดยเป็นผู้รักษาประตู 1 คน) ภายในสนามรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ขนาดกว้าง 45-90 เมตรและยาว 90-120 เมตร) (Federation of International Football Associations, 2014) โดยมีจุดมุ่งหมายของการเล่นเพื่อบุกไปทำประตูของฝ่ายตรงข้ามให้มากที่สุดและป้องกันไม่ให้ฝ่ายตรงข้ามเข้ามาทำประตูในแดนตน ภายในกำหนดเวลาของการแข่งขันอย่างเป็นทางการคือ 90 นาที (แบ่งเป็น 2 ช่วง ครึ่งแรกและครึ่งหลัง ช่วงละ 45 นาที มีช่วงพักระหว่างครึ่งแรกและครึ่งหลัง 15 นาที) (Federation of International Football Associations, 2014) กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬายอดนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่ง สามารถเล่นได้ทั้งชาย หญิง และเด็ก เป็นกีฬาที่เล่นกันอย่างแพร่หลายในทั่วทุกมุมโลก สำหรับในประเทศไทยกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬายอดนิยมของบุคคลทั่วไปทุกระดับชั้น อาทิ พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 พระองค์ทรงสนพระทัยกีฬาฟุตบอลอย่างยิ่ง ถึงกับทรงเล่นฟุตบอลด้วยพระองค์เอง และทรงตั้งทีมฟุตบอลส่วนพระองค์ ชื่อทีมเสือป่า (โฮ้วป่า) และทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ตั้งสมาคมฟุตบอลแห่งสยาม และทรงสมัครเป็นภาคีสมาชิกสมาพันธ์ฟุตบอลระหว่างชาติ (ประโยค สุทธิสง่า, 2541) สำหรับประชาชนทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศมีความสนใจกีฬาฟุตบอลอย่างที่สุด เห็นได้จากเมื่อมีการแข่งขันฟุตบอล โดยเฉพาะฟุตบอลโลกครั้งล่าสุด (World cup 2014) ที่ประเทศบราซิล และฟุตบอลชิงแชมป์แห่งชาติยุโรป (European football championship 2016) ที่ประเทศฝรั่งเศส ประชาชนทั่วโลกต่างเฝ้าติดตามชมการแข่งขันอย่างใกล้ชิด เนื่องจากกีฬาฟุตบอลเกมการแข่งขันมีความสนุกสนาน ตื่นเต้น เร้าใจ และดึงดูดใจ ผู้เล่นแต่ละทีมมีการพัฒนารูปแบบการเล่น เทคนิค แทคติกใหม่ ๆ มีสมรรถภาพร่างกายที่แข็งแรงสมบูรณ์ ทำให้เกมการแข่งขันสนุกสนานเร้าใจอยู่ตลอดกาล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภททีมที่มีความหนักสลับเป็นช่วง ๆ (Intermittent sport) (Esposito et al., 2004; Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002; Nakamura et al., 2009; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000) รูปแบบกิจกรรมมีความหนักที่แตกต่างกันตลอดเกมการแข่งขัน ซึ่งต้องการสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ดีทั้งทางด้านความสามารถทางแอโรบิก (Aerobic capacity) ผสมผสานกับความสามารถในการเร่งความเร็วซ้ำ (Repeated sprint capacity) (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Hoff

et al., 2002) ตลอดจนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) ความอดทน (Endurance) ความเร็ว (Speed) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความไว (Quickness) และความอ่อนตัว (Flexibility) (Polman, Walsh, Bloomfield, & Nesti, 2004; Thatcher & Batterham, 2004; Wisloeff, Helgerud, & Hoff, 1998; Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004) ทั้งผู้เล่นฟุตบอลยังจำเป็นต้องมีเทคนิค แทคติก และทักษะการเล่นที่ดี (Hoff & Helgerud, 2004) ตลอดจนความพร้อมทางด้านชีวกลศาสตร์และด้านจิตใจที่ดีเทียบเท่ากับสมรรถภาพทางด้านร่างกาย เพื่อนำพาไปสู่ความสำเร็จ (Thomas Reilly, Drust, & Clarke, 2008; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005) รูปแบบเกมการเล่นของกีฬาฟุตบอลมีความแตกต่างระหว่างตำแหน่ง (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007) และเป็นลักษณะของการวิ่งด้วยความเร็วสูงระยะสั้น ๆ ในระหว่างเกมการแข่งขัน 90 นาที ผู้เล่นคนหนึ่ง ๆ มีการปฏิบัติกิจกรรมทางกายที่แตกต่างทั้งการหมุนกลับตัว การเร่งความเร็ว การกระโดด และการหยุด เฉลี่ยทุก ๆ 3-5 วินาที หรือประมาณ 1,200 ครั้ง และจะมีการวิ่งด้วยความเร็วทุก ๆ 90 วินาที นานครั้งละ 2-4 วินาที รวม 30-40 ครั้ง คิดเป็น 1-11 % ของระยะทางครอบคลุมทั้งหมดระหว่างเกม หรือเท่ากับ 0.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาในการแข่งขัน (Magni Mohr, Krustrup, & Bangsbo, 2003; Wisløff et al., 2004) ระบบพลังงานที่ใช้ขณะแข่งขันของกีฬาฟุตบอลเป็นแบบผสมผสานระหว่าง 90 เปอร์เซ็นต์ (Bangsbo, 1994) ของการใช้พลังงานจากระบบใช้ออกซิเจน (Aerobic energy system) เพื่อใช้ในการยืนหยัดได้ตลอดเกมการแข่งขัน และ 10 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานจากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy system) เพื่อใช้ในการวิ่งอย่างรวดเร็วในช่วงสั้น ๆ ตลอดเกมการแข่งขัน ทั้งนี้ด้วยช่วงการเล่นที่ยาวนานและกิจกรรมที่มีความหนักตลอด 90 นาที ทำให้การสร้างแรงและพลังในกล้ามเนื้อของนักกีฬาฟุตบอลมีประสิทธิภาพลดลงระหว่างการแข่งขัน ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากความเมื่อยล้า (Fatigue) (T Reilly, 1997)

ความเมื่อยล้า (Fatigue) เป็นปัจจัยที่ถูกบ่งชี้ว่าทำให้ความสามารถ (Performance) ของนักกีฬาระหว่างเกมการแข่งขันลดลง ในการออกกำลังกายที่มีความต่อเนื่อง (Continuous exercise) และการออกกำลังกายที่มีความหนักสลับเป็นช่วง ๆ (Intermittent exercise) (Andersson et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008; M Mohr, Krustrup, & Bangsbo, 2002; T Reilly, 1997) พบว่า นักกีฬาฟุตบอลขณะทำการแข่งขันมีการลดลงของความสามารถทางกาย (Physical fitness) ใน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงระหว่างแข่งขัน ช่วงเริ่มต้นของเวลาในครึ่งหลัง และช่วงท้ายของเวลาในครึ่งหลัง (Magni Mohr, Krustrup, & Bangsbo, 2005) จากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอลยังไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนว่าความเมื่อยล้าเกิดจากสาเหตุใดสันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงระบบการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic changes) การสะสมของแลคเตทและการลดลงของค่ากรดด่างภายในกล้ามเนื้อ

(Bangsbo, Iaia, & Krustrup, 2008) และการเกิดความพร่องลงของไกลโคเจนในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Bangsbo, 1994; Bangsbo & Lindquist, 1992) ทอมลินและแวกเนอร์ (D. L. Tomlin & Wenger, 2001) ได้อธิบายถึงความสำคัญของการไหลเวียนเลือดและการสำรองไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อ ชี้ให้เห็นว่า หากการไหลเวียนเลือดและการสำรองไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อบกพร่องหรือในกีฬาที่นักกีฬามีช่วงเวลาพักที่สั้นมาก (น้อยกว่า 30 วินาที) ร่างกายจะไม่สามารถสำรองพลังงานเอทีพี-พีซี (ATP-PC stores) ได้อย่างพอเพียง ในขณะที่การปฏิบัติกิจกรรมทางกายยังคงดำเนินต่อไป ดังนั้นพลังงานเอทีพี-พีซีที่สำรองจะหมดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติกแอนแอโรบิก (Anaerobic glycolytic system) ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับแลคเตทเกิดการสะสมนำไปสู่ความเมื่อยล้าในที่สุด ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นนั้นมีผลเสียต่อตัวแปรทางสภาวะของร่างกายทางด้านชีวกลศาสตร์และความสามารถของกล้ามเนื้อขา โดยหลังจากเกิดความเมื่อยล้ากลไกของคลื่นไฟฟ้าภายในกล้ามเนื้อจะลดลงและความสามารถสูงสุดในการงอและเหยียดของข้อต่อที่หัวเข่าจะลดลงด้วย (Drust, Reilly, & Cable, 2000; Rahnama, Reilly, & Lees, 2002) ความเมื่อยล้ายังส่งผลทำให้ความสามารถในการส่งบอลมีจำนวนของความผิดพลาด (error) เพิ่มมากขึ้น (Rampinini et al., 2007) ความเร็วในการเตะบอลลดลง (Kellis, Katis, & Vrabas, 2006) รวมถึงทักษะของการส่งบอล การเลี้ยงบอล และการยิงประตูที่ลดลงด้วย นอกจากนี้ความเมื่อยล้ายังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะความเมื่อยล้าซึ่งเกิดขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อต้นขา (Thigh) (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, & Gibson, 2001; Rahnama et al., 2002) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความเมื่อยล้ามีบทบาทสำคัญต่อการแสดงความสามารถของนักกีฬาเป็นอย่างยิ่ง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าความเมื่อยล้า (Fatigue) ที่เกิดขึ้นจากการแข่งขันกีฬาสัมพันธ์กับการลำเลียงและแลกเปลี่ยนออกซิเจน (Oxygen availability) ของร่างกาย ซึ่งการลำเลียงและแลกเปลี่ยนออกซิเจนของร่างกายที่ดีหรือไม่ดีเป็นผลมาจากสมรรถภาพทางกายหรือสมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic capacity)

การที่จะประสบความสำเร็จในเกมการแข่งขันได้นั้น การพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกจะมีความจำเป็นและสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อจากการสำรองพลังงานขึ้นมาใหม่และกำจัดสารที่สะสมซึ่งก่อเกิดความเมื่อยล้าให้หมดไปได้ (Hamilton, Nevill, Brooks, & Williams, 1991) สำหรับนักกีฬาที่มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Oxygen capacity) สูง จะมีความสามารถของร่างกายในการฟื้นฟูความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นได้ดีกว่านักกีฬาที่มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำ (Peterson et al., 2015) การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนช่วยป้องกันการเกิดความเมื่อยล้าโดยการกำจัดและบัฟเฟอร์แลคเตทออกจากกล้ามเนื้อซึ่งกำลังทำงานเป็นการปรับสมดุลสภาวะความเป็นกรดด่างภายในกล้ามเนื้อให้กลับสู่ภาวะปกติ (McMahon & Wenger, 1998)

สมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness) เป็นความสามารถของร่างกายในการใช้พลังงานจากระบบออกซิเจน (Oxidative system) เพื่อนำส่งออกซิเจนไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน ช่วยในการสำรองพลังงานขึ้นมาใหม่และลดการเกิดของเสียภายในกล้ามเนื้อจากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic glycolytic system) การฝึกสมรรถภาพทางแอโรบิกมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะในเกมการแข่งขันที่ใกล้เคียงกัน นักกีฬาจะต้องมีสมรรถภาพของระบบไหลเวียนและระบบหายใจรวมถึงระบบกล้ามเนื้อที่สูง เพื่อทำให้ร่างกายสามารถนำออกซิเจนมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มขบวนการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ตัวแปรสำคัญที่บ่งชี้สมรรถภาพทางแอโรบิก คือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake: VO_2max) ซึ่งแสดงถึงปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ในการออกกำลังกายที่มีความหนักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดแรง และจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) ซึ่งเป็นจุดเริ่มของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นแบบแอนแอโรบิก หรือเป็นจุดเริ่มมีการสะสมกรดแลคติก ภายหลังภาวะนี้จะมีการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเมื่อยล้าและมีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกายเป็นตัวแปรที่ใช้แสดงค่าจุดเริ่มล้า พบว่าสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักฟุตบอลมีความสัมพันธ์กับอัตราการปฏิบัติกิจกรรม (Work rate) ระหว่างเกมการแข่งขัน โดยสมรรถภาพทางแอโรบิกที่สูงจะช่วยทำให้ร่างกายสามารถฟื้นคืนสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น (T Reilly, 1997)

ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพทางแอโรบิกกับนักกีฬาฟุตบอลได้รับการยืนยันในงานวิจัยซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังทางแอโรบิกและอันดับในการแข่งขัน ระดับของทีม ระยะทางครอบคลุมระหว่างเกมการแข่งขัน (Apor, 1988; Bangsbo & Lindquist, 1992; Krustrup et al., 2003; Smaros, 1980) งานวิจัยของเฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2001) ได้แสดงผลของการฝึกกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยใช้วิธีการฝึกวิ่งแบบสลับช่วง จำนวน 4 ชุด ๆ ละ 4 นาที ที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate: HRmax) สลับกับการพักแบบมีกิจกรรมระหว่างชุด 3 นาที พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) จุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) และประสิทธิภาพของการใช้ออกซิเจนในขณะวิ่ง ณ จุดกั้นแอนแอโรบิก (Running economy at anaerobic threshold) เพิ่มขึ้น 11 เปอร์เซ็นต์ 16 เปอร์เซ็นต์ และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับระยะทางครอบคลุมระหว่างเกมการแข่งขันเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ความหนักของการออกกำลังกายโดยเฉลี่ยระหว่างเกมการแข่งขันเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวนของการเร่งความเร็วเพิ่มขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์ และการครอบครองบอลระหว่างเกมการแข่งขันเพิ่มขึ้น 23 เปอร์เซ็นต์ จากการที่กีฬาฟุตบอลมีการใช้ระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิกและแบบแอนแอโรบิก แต่ส่วนใหญ่จะใช้พลังงานแบบแอโรบิก เนื่องจากกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายมีความหนักระดับต่ำ (Low-

Intensity) ถึงปานกลาง (Moderate-intensity) แต่ระบบหัวใจและระบบหายใจของร่างกายยังคงต้องทำงานหนักและต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา (Bloomfield et al., 2007; Magni Mohr et al., 2003) ทักษะทางเทคนิคและแทคติคในกีฬาฟุตบอลจึงขึ้นอยู่กับความสามารถทางกายของผู้เล่นเป็นอย่างมาก (Bangsbo, 1994; Hoff et al., 2002) ปัจจัยสำคัญที่สุดซึ่งมีอิทธิพลต่อความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล คือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ของนักกีฬานั่นเอง จากการเพิ่มขึ้นของ VO_2max 11 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การครอบคลุมระยะทางในเกมเพิ่มขึ้น 1800 เมตร เพิ่มจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic Threshold) ให้สูงขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนขณะวิ่ง (Running Economy) (Helgerud et al., 2001) ดังนั้น หากมีวิธีการฝึกที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกได้อย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลให้ความสามารถและสมรรถนะทางกีฬาฟุตบอลของนักกีฬาดีขึ้น

การฝึกสมรรถภาพทางแอโรบิกมีหลายรูปแบบ รูปแบบการฝึกซึ่งเป็นที่นิยม ได้แก่ การฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ (Repeated sprint) การฝึกแบบเกมสนามเล็ก (Small-sided game) การฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous training) และการฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) จากการศึกษาของมอร์ซิลโลและคณะ (Morcillo et al., 2015) ทำการฝึกนักฟุตบอลอาชีพด้วยวิธีฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ (Repeated sprint) 12 x 30 เมตร สลับพัก 30 วินาที พบว่า ผลของการฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำมีความสัมพันธ์สูงต่อการลดลงของความสูงในการกระโดดกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแลคเตทในเลือดและความเข้มข้นของแอมโมเนีย คาทิสและเคลลิส (Katis & Kellis, 2009) ได้ทำการศึกษาผลของเกมสนามเล็กที่มีต่อสภาวะทางกายและความสามารถในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน พบว่า การฝึกความหนักสูงของเกมสนามเล็ก โดยวิ่งและเล่นบอลภายในเขตสนามตามรูปแบบที่กำหนด 10 ชุด ๆ ละ 4 นาที สลับพัก 3 นาที ส่งผลดีต่อความสามารถในการเร่งความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว สามารถเพิ่มสมรรถภาพและเทคนิกในนักฟุตบอลเยาวชนได้ดี สำหรับการฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) พบว่าสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกทั้งความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) จุดกั้นแลคเตท (lactate threshold) และประสิทธิภาพของการใช้ออกซิเจนในขณะวิ่ง ณ จุดกั้นแลกเตท (Running economy at lactate threshold) รวมถึงความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่ระหว่างการเล่น จำนวนการเร่งความเร็ว พลังความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง เฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2001) ศึกษาผลของการฝึกนักฟุตบอลเยาวชนแบบการฝึกแอโรบิกเฉพาะเจาะจงด้วยวิธีฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) จำนวน 4 ชุด ๆ ละ 4 นาที ที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์ พบว่า ความอดทนด้านแอโรบิกเพิ่มขึ้น ความสามารถที่แสดงออกทางกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้น ทั้งระยะทางที่ครอบคลุม ความหนักของกิจกรรม จำนวนการวิ่งเร่งความเร็ว และการครอบครองบอล

ต่อมาแมคมิลแลนและคณะ (McMillan, Helgerud, Macdonald, & Hoff, 2005) ศึกษาผลของการฝึกนักฟุตบอลเยาวชนแบบการฝึกแอโรบิกความหนักระดับสูงด้วยวิธีฝึกแบบสลับช่วง จำนวน 4 ชุด ๆ ละ 4 นาที ที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยเลี้ยงลูกบอลไปตามทางวิ่งที่ออกแบบ สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที ที่ความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 10 สัปดาห์ พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยการฝึกที่ความหนักระดับสูงขณะเลี้ยงบอลไม่มีผลขัดขวางต่อความแข็งแรง พลังกระโดดและการเร่งความเร็ว เห็นได้ว่าวิธีการฝึกแบบสลับช่วงส่งผลที่ดียิ่งต่อการเพิ่มความสามารถด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก มีการผ่อนหนักเบาของกิจกรรม สามารถสอดแทรกการเคลื่อนที่การเคลื่อนไหวได้หลากหลายรูปแบบ สอดคล้องกับธรรมชาติของกีฬาฟุตบอล ฝึกได้ทั้งแบบมีบอลและไม่มีบอลและยังเพิ่มความสามารถทางทักษะและสมรรถภาพทางร่างกายให้ดีขึ้นพร้อมกันในหลายด้านแบบเสริมกันได้มากกว่าวิธีฝึกแบบอื่น ๆ ดังได้กล่าวมา

ที่ผ่านมามีการศึกษาวิจัย การฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) ในกีฬาฟุตบอล ปรากฏว่าได้ผลเป็นอย่างดี ดูปอนท์และคณะ (Dupont, Akakpo, & Berthoin, 2004) ได้ศึกษาวิจัยในนักฟุตบอลอาชีพ โดยทำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในช่วงฤดูกาลแข่งขัน (In-season) ด้วย 2 ช่วงการฝึกต่อเนื่องช่วงละ 10 สัปดาห์ โดยช่วงที่ 1 เป็นช่วงควบคุมฝึกทักษะด้านเทคนิคแทคติก เกมการเล่นและการแข่งขัน เปรียบเทียบกับช่วงที่ 2 เป็นช่วงฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงซึ่งรวมอยู่ในโปรแกรมการฝึกปกติ ประกอบด้วย 2 ชุดการฝึก ชุดที่ 1 วิ่งแบบสลับช่วงพัก (Intermittent run) 12-15 ชุด ๆ ละ 15 วินาที ที่ความหนักกิจกรรม 120 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วขณะใช้พลังงานแบบแอโรบิกสูงสุด (Maximal aerobic speed) สลับพัก 15 วินาทีในแต่ละชุด ต่อด้วยชุดที่ 2 วิ่งแบบเร่งความเร็วซ้ำ ๆ (Sprint repetitions) 12-15 ชุด ๆ ละ 40 เมตร วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด สลับพัก 30 วินาที ผลพบว่า ความเร็วขณะใช้พลังงานแบบแอโรบิกสูงสุดเพิ่มขึ้นและเวลาในการวิ่ง 40 เมตรลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 คลาค (Clark, 2010) ได้ศึกษาวิจัยในนักฟุตบอลหญิงช่วงปิดฤดูกาลแข่งขัน (Off-season) โดยทำการฝึกผสมผสานความหนักของการฝึกความอดทนแบบสลับช่วง 2 ชุด ชุดละ 6 นาที 1 ชุดประกอบด้วย วิ่งด้วยความเร็วเกือบสูงสุด 30 วินาที ตามด้วยวิ่งที่ 90-100 เปอร์เซ็นต์ของความพยายามสูงสุด (Maximal effort) 30 วินาที ต่อด้วยวิ่งด้วยความเร็วเกือบสูงสุด 60 วินาที ตามด้วยวิ่งด้วยความเร็วที่ 80-90 เปอร์เซ็นต์ของความพยายามสูงสุด 60 วินาที และสุดท้ายวิ่งด้วยความเร็วเกือบสูงสุด 90 วินาที ตามด้วยวิ่งด้วยความเร็วที่ 70-80 เปอร์เซ็นต์ของความพยายามสูงสุด 90 วินาที ปรากฏว่า ผลของโปรแกรมฝึกทำให้ความสามารถทางแอโรบิกเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการฝึกแบบสลับช่วงส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มความสามารถทางแอโรบิกเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำมาใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอล

การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง (High–intensity interval training : HIIT) ทั้งโค้ชและนักกีฬาประเภทความอดทนรับรู้มาเป็นเวลายาวนานถึงความสำคัญของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง ในการเพิ่มความสามารถด้านความอดทน อาจกำหนดระยะเวลาการฝึกที่ทำซ้ำในช่วงสั้น ๆ ถึงปานกลางตั้งแต่ 30 วินาที จนถึง 5 นาทีที่ความหนักระดับสูง สลับช่วงฟื้นคืน (Recovery) ด้วยกิจกรรมที่เบาลงเพื่อผ่อนคลายกล้ามเนื้อแต่จะไม่เพียงพอที่จะพักฟื้นอย่างเต็มที่ เป็นการฝึกอย่างต่อเนื่องเกินกว่าระดับความหนักที่ใช้ขณะแข่งขันของนักกีฬา เพื่อการปรับเปลี่ยนสมรรถนะทางกายของนักกีฬาที่ดียิ่งขึ้น (Whyte, 2006) ช่วงการฝึกที่ความหนัก 80–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ช่วงฟื้นคืนที่ความหนักระดับต่ำอาจใช้ระยะเวลาเท่ากับช่วงฝึกที่ความหนักระดับสูงนั้น และปฏิบัติที่ 40–50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด รวมระยะเวลาของการฝึก 20–60 นาที ผลของการฝึกแบบ HIIT นี้สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและส่งผลต่อความสามารถทางกีฬาฟุตบอลได้เป็นผลดียิ่ง ดังเช่นงานวิจัยของเฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2001) ซึ่งพบว่า ความอดทนด้านแอโรบิกเพิ่มขึ้น ความสามารถทางกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้น ทั้งระยะทางที่ครอบคลุมในสนาม ความหนักของกิจกรรมการเล่น จำนวนการวิ่งเร่งความเร็ว และการครอบครองบอล และจากงานวิจัยของแมคมิลแลนและคณะ (McMillan et al., 2005) สามารถพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดให้เพิ่มขึ้น โดยการฝึกที่ความหนักระดับสูงขณะเลี้ยงบอลซึ่งไม่มีผลขัดขวางต่อความแข็งแรง พลังกระโดดและการเร่งความเร็ว นอกจากการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะออกซิเจนปกติ ได้มีงานวิจัยเพื่อพัฒนาความอดทนทางแอโรบิกโดยนำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงมาทำการฝึกนักกีฬาในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ เป็นการเพิ่มความเครียดและความหนักให้กับระบบการเผาผลาญพลังงานแบบแอโรบิก เพื่อกระตุ้นกลไกทางเคมีภายในร่างกายให้ส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกที่ดียิ่งขึ้นกว่าการฝึกในสภาวะออกซิเจนปกติ (Geiser et al., 2001; Melissa, MacDOUGALL, Tarnopolsky, Cipriano, & Green, 1997; Terrados, Jansson, Sylven, & Kaijser, 1990; Zoll et al., 2006)

การฝึกสมรรถภาพทางแอโรบิกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นในกีฬาประเภททีม (Billaut, Gore, & Aughey, 2012) เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกในที่สูงพักอาศัยในที่ต่ำ (Live Low–Train High : LLTH) รูปแบบการฝึกของเทคนิคนี้คือ นักกีฬาพักอาศัยในสภาวะอากาศปกติและทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ซึ่งจะสัมผัสสภาวะออกซิเจนต่ำน้อยกว่า 3 ชั่วโมงต่อครั้ง จำนวน 2–5 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาเหมือนกับวิธีการฝึกแบบพักอาศัยบนที่สูงและทำการฝึกบนที่สูง (Live High–Train High : LHTH) และพักอาศัยบนที่สูงและทำการฝึกในที่ต่ำ (Live High–Train Low : LHTL) (Wilber, Stray-Gundersen, & Levine, 2007) แม้ว่าผลทางสรีรวิทยาและด้านสมรรถนะของการสัมผัส

สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำช่วงสั้น ๆ จะปรากฏเพียงเล็กน้อยสำหรับนักกีฬาระดับชั้นยอด อย่างไรก็ตามมีหลักฐานแสดงว่า การสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำช่วงสั้น ๆ ในการฝึกแบบ LLTH ก็สามารถส่งผลต่อการเพิ่มเอนไซม์ไกลโคไลติก การขนส่งกลูโคส และการควบคุมความเป็นกรดด่างในร่างกาย (Vogt et al., 2001; Zoll et al., 2006) ในทางทฤษฎีความเครียดจากการสัมผัสอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำผสมผสานกับความเครียดจากการฝึกจะช่วยเพิ่มการปรับเปลี่ยนประสบการณ์จากที่เคยฝึกความอดทนตามปกติให้เพิ่มประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้น (Wolski, McKenzie, & Wenger, 1996) งานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเสนอผลการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นระยะ (Intermittent Hypoxic Training : IHT) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (Bonetti, Hopkins, & Kilding, 2006; Hendriksen & Meeuwsen, 2003) ผ่านทางการเพิ่มความสามารถในการบัฟเฟอร์ภายในกล้ามเนื้อ (Christopher J Gore et al., 2001) และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ไกลโคไลติก (Katayama et al., 2004) ซูบาและคณะ (Miłosz Czuba et al., 2013) ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.2 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่าความสูงระดับ 2,500 เมตร ในนักกีฬาบาสเกตบอลที่ฝึกมาอย่างดี ทำการฝึกจำนวน 4-5 ชุด ชุดละ 4 นาที ที่ความเร็วของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 3 สัปดาห์ พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกที่ระดับน้ำทะเลได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ การฝึกนักกีฬาในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำผลของการฝึกจากหลายงานวิจัยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้นักกีฬาได้ดีกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (Milosz Czuba et al., 2011; Green, MacDougall, Tarnopolsky, & Melissa, 1999; Hamlin, Marshall, Hellemans, Ainslie, & Anglem, 2010; Melissa et al., 1997; Robertson, Saunders, Pyne, Gore, & Anson, 2010; Terrados et al., 1990; Zoll et al., 2006) ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการนำรูปแบบการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำผสมผสานกับวิธีการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงมาใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอลเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษาวิจัยลักษณะนี้ในนักกีฬาฟุตบอลมาก่อน

แนวคิดการวิจัยของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติของผู้วิจัย เกิดจากการประยุกต์งานศึกษาวิจัยของเฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2001) และงานวิจัยของแมคมิลแลนและคณะ (McMillan et al., 2005) ซึ่งทำการฝึกนักกีฬาฟุตบอลแบบสลับช่วงด้วยอัตราส่วนระหว่างช่วงฝึกหนักและช่วงฝึกเบาคือ 1.3 : 1 ซึ่งสอดคล้องกับอัตราส่วนของการฝึกแบบสลับช่วง 1-1.5 : 1 ของแมคอาเดิลและคณะ (McArdle, Katch, & Katch, 1991) การฝึกแบบสลับช่วงดังกล่าว ประกอบด้วย การวิ่ง 4 ชุด ชุดละ 4 นาที ที่ความหนักของกิจกรรม 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับการวิ่งเหยาะ 3 นาที ที่

ความหนักระหว่าง 50-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ซึ่งผลพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น สมรรถภาพทางแอโรบิกเพิ่มขึ้น ความสามารถที่แสดงออกทางกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้น ผสมผสานการฝึกแบบสลับช่วงกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำโดยปริมาณออกซิเจนในอากาศมีสัดส่วน 15.3 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่าความสูงระดับ 2,500 เมตร (Milosz Czuba et al., 2011; Truijens, Toussaint, Dow, & Levine, 2003) ซึ่งพบว่า ส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิก (Miłosz Czuba et al., 2013; Truijens et al., 2003) เป็นการกระตุ้นร่างกายด้วยระดับปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีความเหมาะสมเกิดประสิทธิภาพต่อร่างกาย (Bärtsch & Gibbs, 2007) และมีความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อระบบสมองขณะทำการฝึก (Barry & Pollard, 2003) จากการสังเคราะห์งานวิจัยทั้งหมดดังกล่าวมา ผู้วิจัยได้ออกแบบงานวิจัยเป็นการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ เพื่อศึกษาผลด้านความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอลในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่ารูปแบบการฝึกดังกล่าวจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนได้เป็นผลดีและมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน โดยเปรียบเทียบกับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามของการวิจัย

1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนหรือไม่
2. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่แตกต่างจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติหรือไม่

สมมุติฐานของการวิจัย

1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติน่าจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

2. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติน่าจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่แตกต่างกับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาเรื่องผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชนชาย โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ในสภาวะออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 16 คน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ที่ความดันบรรยากาศปกติ จำนวน 16 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย:

2.1 ตัวแปรต้น (Independent variables) ประกอบด้วย

2.1.1 โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) จำนวน 8 สัปดาห์

2.1.2 ห้องควบคุมสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีปริมาณออกซิเจนในอากาศ 15.3 เปอร์เซ็นต์

2.1.3 ห้องสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีปริมาณออกซิเจนในอากาศ 20.9 เปอร์เซ็นต์

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables)

2.2.1 สรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data) ได้แก่

1) อายุ (Age)

2) น้ำหนัก (Weight)

3) ส่วนสูง (Height)

4) ดัชนีมวลกาย (Body mass index)

5) เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent of body fat)

6) อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate)

7) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure)

8) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure)

2.2.2 สมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness) ได้แก่

1) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption: VO_2max)

2) จุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold: AT)

ตัวแปร 2 รายการนี้ทดสอบทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

3) ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (Intermittent endurance performance)

2.2.3 ความทนต่อการเมื่อยล้า (Tolerance to fatigue) ได้แก่

1) ความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability: SPA) ขณะเกิดความเมื่อยล้า

2) ระดับความเข้มข้นของปริมาณแลคเตทในเลือด (ภาคผนวก จ) ขณะพัก ขณะเกิดความเมื่อยล้าช่วงที่ 1 และขณะเกิดความเมื่อยล้าช่วงที่ 2

2.3 ตัวแปรควบคุม (Control variables) ประกอบด้วย

2.3.1 นักฟุตบอลเยาวชนชาย

2.3.2 อายุ 15-18 ปี

2.3.3 อัตราการเต้นของหัวใจ

2.3.4 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด

2.3.5 สถานที่การฝึกและการทดสอบ

2.3.6 อุณหภูมิห้อง

2.3.7 อุปกรณ์การฝึกและการทดสอบ

2.3.8 ช่วงเวลาการฝึกและการทดสอบ

3. ข้อตกลงเบื้องต้น

3.1 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจและยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัยอย่างเต็มความสามารถ

3.2 การเก็บข้อมูลทุกครั้งกระทำโดยผู้วิจัยชุดเดียวกัน ในสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกัน

3.3 ใช้โปรแกรมการฝึกและการทดสอบที่เหมือนกันทุกครั้งทั้งสองกลุ่มการฝึก

3.4 การฝึกทุกครั้งใช้สถานที่ สภาวะแวดล้อม และช่วงเวลาเดียวกัน

3.5 อุปกรณ์และสถานที่ฝึกมีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกัน

3.6 ผู้เข้าร่วมการวิจัยยินยอมที่จะปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกของงานวิจัยอย่างเต็มความสามารถตลอดช่วงระยะเวลาของการวิจัย 8 สัปดาห์

คำจำกัดความของการวิจัย

นักฟุตบอลเยาวชน (Youth soccer players) หมายถึง นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชายของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร อายุระหว่าง 15-16 ปี ที่กำลังศึกษาในปีปัจจุบันขณะทำการวิจัย

การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง (High-intensity Interval training) หมายถึง การฝึกวิ่งที่มีความหนักระดับ 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) สลับกับการวิ่งเหยาะที่มีความหนักระดับ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ตลอดช่วงการฝึก การวิจัยครั้งนี้ใช้ลู่กลไฟฟ้าสำหรับทำการฝึกวิ่ง การฝึกประกอบด้วย ช่วงอบอุ่นร่างกาย 5 นาที วิ่งเหยาะบนลู่กลไฟฟ้าด้วยความหนักกิจกรรมที่ 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ช่วงการฝึกแบบสลับช่วง สัปดาห์ที่ 1-4 ฝึก 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาที และสัปดาห์ที่ 5-8 ฝึก 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที ความหนักของการวิ่งขณะกิจกรรมหนักที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) และความหนักของการวิ่งเหยาะขณะกิจกรรมเบาที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ช่วงคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที วิ่งเหยาะบนลู่กลไฟฟ้าด้วยความหนักกิจกรรมที่ 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Normobaric hypoxia) หมายถึง สภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนในอากาศในสัดส่วน 15.3 เปอร์เซ็นต์ และมีความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท

สมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการใช้พลังงานจากระบบออกซิเจนขณะปฏิบัติกิจกรรมทางกายอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption: VO_2max) จุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold: AT) การวิจัยครั้งนี้ทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส โดยวิ่งทดสอบบนลู่กลไฟฟ้า ใช้แบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test) หาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และพิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจน เมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจนจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง ซึ่งจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงก็คือ จุดกั้นแอนแอโรบิก และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (Intermittent endurance performance) การวิจัยครั้งนี้ทดสอบภาคสนาม ใช้แบบทดสอบโยโย่ (Yo-Yo intermittent recovery test level 1)

ความทนต่อการเมื่อยล้า (Tolerance to fatigue) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่จะปฏิบัติกิจกรรมทางกายได้ต่อไปในขณะที่กล้ามเนื้อหย่อนประสิทธิภาพลงเพราะขาดแรงหรือกำลัง การวิจัยครั้งนี้ใช้ความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability: SPA) ตามแบบทดสอบการส่งบอลลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test) เป็นตัวบ่งชี้ความทนต่อการเมื่อยล้าโดยมีการทำให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้าจากการฝึกตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough intermittent shuttle test) (Nicholas, Nuttall & Williams, 2000) ก่อนทำการทดสอบความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability : SPA) ตามแบบทดสอบการส่งบอลลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughbolough soccer passing test)

Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้า
2. ได้โปรแกรมฝึกสำหรับกีฬาฟุตบอลที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปฝึกซ้อมนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบฝึกกีฬาสำหรับนักกีฬาฟุตบอลกลุ่มอื่น ๆ รวมทั้งกีฬาชนิดอื่น ๆ ต่อไป
4. สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาฟุตบอล

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยครอบคลุมเนื้อหาในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. กีฬาฟุตบอล
    - 1.1 ความเป็นมาเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล
    - 1.2 องค์ประกอบของทักษะกีฬาฟุตบอล
    - 1.3 องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นักกีฬาฟุตบอลมีความสามารถสูงสุด
    - 1.4 ระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาฟุตบอล
2. การฝึกกีฬา
    - 2.1 ความหมายของการฝึก
    - 2.2 วัตถุประสงค์ของการฝึก
    - 2.3 ประโยชน์ของการฝึกกีฬา
    - 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการฝึก
    - 2.5 หลักการฝึกกีฬา
    - 2.6 องค์ประกอบของการฝึกกีฬา
3. การฝึกกีฬาฟุตบอล
    - 3.1 องค์ประกอบพื้นฐานในการฝึกกีฬาฟุตบอล
    - 3.2 การฝึกนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน
        - 3.2.1 การฝึกแบบต่อเนื่อง
        - 3.2.2 การฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ
        - 3.2.3 การฝึกแบบเกมสนามเล็ก
        - 3.2.4 การฝึกแบบสลับช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การฝึกในที่สูง
    4.1 การปรับตัวในที่สูง
    4.2 รูปแบบการฝึกในที่สูง
        4.2.1 การฝึกแบบพักอาศัยในที่สูงและฝึกในที่สูง
        4.2.2 การฝึกแบบพักอาศัยในที่สูงและฝึกในที่ต่ำ
        4.2.3 การฝึกแบบพักอาศัยในที่ต่ำและฝึกในที่สูง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยในประเทศ
    5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. กีฬาฟุตบอล

1.1 ความเป็นมาเกี่ยวกับฟุตบอล

เกมการเล่นกีฬาต่าง ๆ ที่ใช้ลูกบอลได้มีมาตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์แล้ว กีฬาฟุตบอลนับเป็นกีฬาประเภทหนึ่งที่จัดอยู่ในเกมการแข่งขันกีฬาในสมัยนั้น โดยปกติแล้วคนส่วนใหญ่คิดว่ากีฬาฟุตบอลมีกำเนิดมาจากประเทศอังกฤษ แต่ความจริงแล้วมีหลักฐานพอเชื่อได้ว่าเกมนี้เป็นเกมซึ่งชาวโรมันในสมัยต้น ๆ ได้เรียนแบบมาจากชาวกรีก ซึ่งในสมัยนั้นชาวโรมันมีการเล่นโดยใช้ลูกบอลกลม ๆ เตะ และมีการเล่นกันอย่างแพร่หลายยิ่งกว่าการเล่นคริกเกต (Cricket) โครเกต (Croguet) และฮอกกี้ (Hockey) แต่การเล่นฟุตบอลที่มีแบบแผนจริง ๆ นั้นได้มีขึ้นที่เมืองเชสเตอร์ ประเทศอังกฤษ ในสมัยศตวรรษที่ 10 มีชาวเดอร์บี้ ซึ่งเป็นชาวอังกฤษได้อ้างว่า การเล่นฟุตบอลนี้ได้มีการเล่นกันในวัน โชรปทิวเดย์ เพื่อเป็นการฉลองชัยชนะของเขาที่มีต่อโรมัน อย่างไรก็ตามจากหลักฐาน ชาวกรีกโบราณได้เล่นฟุตบอลกันมานานแล้ว แต่เรียกการเล่นนั้นว่า ฮาร์ปาสตัม ต่อมาชาวโรมันได้นำเกมนี้ไปเล่นในประเทศอังกฤษ จากนั้นชาวอังกฤษก็ได้ปรับปรุงวิธีการเล่น ตลอดจนกติกาใหม่ เหมือนเช่นที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (อุทัย สงวนพงศ์, 2544)

1.2 องค์ประกอบของทักษะกีฬาฟุตบอล

สำหรับทักษะต่างๆ ที่ใช้ในการเล่นกีฬาฟุตบอลได้มีบุคคลต่างๆ กล่าวไว้ดังนี้

ประวิทย์ ไชยสาม (2525) ได้กล่าวว่า เทคนิคส่วนบุคคลของผู้เล่นเกิดขึ้นจากการฝึกขั้นพื้นฐานนั่นเอง ผู้เล่นจะต้องหมั่นฝึกท่าทางเบื้องต้นของการเล่น การใช้เท้าจนสามารถนำเอาไปใช้ได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อร่างกายได้รับการฝึกอย่างเพียงพอย่อมก่อให้เกิดทักษะและประสิทธิภาพของร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม ตลอดจนการเป็นนักฟุตบอลที่ดี เคารพต่อกติกาจะทำให้ประสบ

ความสำเร็จในการเล่นฟุตบอล ตลอดจนรู้จักเอาสิ่งที่ดีงามไปปฏิบัติตนในสังคมอันจะเป็นแบบอย่างที่ดีของเยาวชนของประเทศต่อไป

นิพนธ์ กิติกุล (2525) ได้กล่าวถึงเทคนิคที่จำเป็นสำหรับการเล่นกีฬาฟุตบอล ได้แก่

1) การควบคุมลูกฟุตบอล (Ball Control)

2) การลี้ยงลูกฟุตบอล (Dribbling)

3) การส่งลูกฟุตบอล (Passing)

4) การโหม่งลูกฟุตบอล (Heading)

5) การยิงประตู (Shooting)

6) การเข้าสกัดกั้น (Tackling)

และทักษะพื้นฐานในการเล่นกีฬาฟุตบอล ประกอบไปด้วยทักษะที่สำคัญ 5 ประเภท อันได้แก่

1) การควบคุมลูกฟุตบอล (Ball Control)

2) การเตะลูกฟุตบอล (Kicking)

3) การลี้ยงลูกฟุตบอล (Dribbling)

4) การโหม่งลูกฟุตบอล (Heading)

5) การยิงประตู (Shooting)

1.3 องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นักกีฬามีความสามารถสูงสุด

สมรรถภาพทางกาย อันประกอบด้วย พลัง ความแข็งแรง ความอดทน ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ความไว ความอ่อนตัว การทรงตัว ประสาทสัมพันธ์ระหว่างเท้าและตา รวมทั้ง เทคนิค แทคติก ความพร้อมทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ตลอดจนระบบการใช้พลังงานของร่างกาย มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬา ทำให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะต่าง ๆ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นักกีฬามีความสามารถทางการกีฬาสูงสุด มีดังต่อไปนี้ คือ

1) ทักษะ (Skill) เป็นความสามารถของนักกีฬา เป็นผลมาจากการเรียนรู้และการฝึกหัด นักกีฬาที่มีทักษะสูงก็จะแสดงความสามารถได้ในระดับสูง นักกีฬาที่มีทักษะต่ำ ก็จะแสดงความสามารถในระดับต่ำ

2) สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) เป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นว่านักกีฬาจะนำเอาความสามารถทางด้านร่างกายที่มีอยู่มาใช้ได้มากน้อยเพียงใด นักกีฬาที่มีสมรรถภาพทางกายดีก็จะนำเอาความสามารถที่มีอยู่มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) สมรรถภาพทางจิต (Mental Fitness) เป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงความสามารถทางจิต ซึ่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถทางกายที่จะแสดงพฤติกรรมทางการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ สมรรถภาพทางจิตเกิดขึ้นได้จากการนำเอาหลักจิตวิทยาทางการกีฬามาฝึกฝน (ทูรย์ มีกุดเวียน, 2549)

1.4 ระบบพลังงานที่ใช้ในกีฬาฟุตบอล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาชนิดที่มีการปฏิบัติกิจกรรมหนักเบาสลับเป็นระยะ (Intermittent sport) ตลอดเกมการแข่งขัน 90 นาที นักกีฬาฟุตบอลจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานจากระบบการสร้างพลังงานของร่างกายแบบผสมผสานกันทั้งสามระบบหลัก ได้แก่

1.4.1 ระบบเอทีพี-พีซี (The ATP-PC system) เป็นระบบพลังงานแบบฉับพลัน ให้พลังงานช่วงสั้น ๆ ในระยะ 10 วินาทีแรกของการปฏิบัติกิจกรรมที่ต้องใช้พลังในการเร่งความเร็วช่วงสั้นและมีความหนักสูง โดยใช้พลังงานที่สำรองอยู่ภายในกล้ามเนื้อ

1.4.2 ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (The anaerobic glycolysis system) เป็นระบบพลังงานช่วงสั้น ๆ ในระยะเวลา 10–15 วินาทีใช้เมื่อร่างกายมีการปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้พลังระดับปานกลางแต่ยังคงมีความหนักสูง ซึ่งผลจากระบบพลังงานนี้จะเกิดแลคเตทไอออนและไฮโดรเจนไอออน

1.4.3 ระบบแอโรบิก (The aerobic system) เป็นระบบพลังงานระยะยาวใช้เมื่อร่างกายต้องปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลายาวนานและมีความหนักระดับกลางจนถึงต่ำ เป็นแหล่งพลังงานหลักโดยไม่เกิดโดยไม่เกิดกรดแลคติกในระหว่างปฏิบัติกิจกรรม แต่มีข้อจำกัดคือ การนำออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ อาจไม่เพียงพอ ทำให้เซลล์ต้องกลับไปใช้พลังงานแบบฉับพลันจากระบบเอทีพี-พีซีและระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสในกรณีต้องการพลังงานจำนวนมากในระยะเวลาสั้น (McArdle, Katch, & Katch, 2006)

2. การฝึกกีฬา

2.1 ความหมายของการฝึก

การฝึก หมายถึง การทำให้ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการเคลื่อนไหว มีการทำงานอย่างเป็นระบบเป็นผลให้ส่วนของร่างกายนั้น ๆ และอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่างและการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก การฝึกซ้อมมิใช่หมายถึงการให้นักกีฬาฝึกปฏิบัติกิจกรรมรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งซ้ำ ๆ กันเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการควบคุมความหนักเบาในการฝึกซ้อมให้เป็นไปตามตารางฝึกที่วางไว้อย่างเป็นระบบต่อเนื่องกัน การเปลี่ยนแปลงของร่างกายอันเป็นผลเนื่องมาจากการฝึกนั้นจะสามารถสังเกตเห็นได้หรือทดสอบได้ การฝึกที่มีการกำหนดความ

หนักเบาที่เหมาะสมจะช่วยพัฒนาการเคลื่อนไหว และระบบการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่วนการฝึกที่ขาดความต่อเนื่อง หรือเบาจนเกินไปจะไม่ก่อให้เกิดการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นแต่ประการใด การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของนักกีฬานั้น มิใช่เพียงแต่ผู้ฝึกเท่านั้นที่ ความรู้ความเข้าใจ นักกีฬาเองก็ควรทำความเข้าใจให้ถูกต้อง เพื่อให้ได้รับประโยชน์จากการฝึกอย่างแท้จริง ระดับของการฝึกจำแนกได้เป็น 3 ระดับ คือ

2.1.1 การฝึกขั้นพื้นฐาน (Basic training)

การฝึกขั้นนี้เป็นการเสริมสร้างสมรรถภาพพื้นฐานของร่างกายที่สำคัญและจำเป็นต่อการเคลื่อนไหว การฝึกจะมีการเตรียมร่างกายทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนหรือความทนทาน ความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว เพื่อให้พร้อมที่จะได้รับการฝึกในขั้นต่อไป การฝึกในขั้นนี้จัดว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการฝึกในขั้นต่อไป

2.1.2 การฝึกขั้นก้าวหน้า (Advanced training)

การฝึกขั้นนี้จะมุ่งเน้นที่การพัฒนาสมรรถภาพความสามารถทางด้านร่างกายโดยเฉพาะเจาะจงหลังจากที่ได้รับการฝึกขั้นพื้นฐานมาเป็นอย่างดีแล้ว ทั้งนี้จะต้องพิจารณาทักษะการเคลื่อนไหว ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกีฬาแต่ละประเภท และมุ่งเน้นการฝึกไปในด้านเทคนิคและทักษะเฉพาะด้านเพื่อพัฒนาศักยภาพในการเล่นกีฬาประเภทนั้น ๆ

2.1.3 การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถขั้นสูงสุด (Training to build up performance)

การฝึกขั้นนี้จะเป็นทางด้านเทคนิคทักษะเฉพาะตัวให้เกิดความชำนาญสูงสุด โดยจะมุ่งพัฒนาความสามารถของแต่ละบุคคลในแต่ละประเภทกีฬา ให้มีการพัฒนาไปถึงขีดสูงสุด

2.2 วัตถุประสงค์ของการฝึก

การฝึกกีฬาให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยตามโครงการและแผนการฝึก รวมทั้งนักกีฬาประสบความสำเร็จจากการฝึกกีฬานั้น ผู้ฝึกสอน นักกีฬาและผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหลายจะต้องทราบและเข้าใจในวัตถุประสงค์ของการฝึกกีฬาให้ถูกต้องตรงกัน ซึ่งวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการฝึกกีฬา ได้แก่เข้าใจในวัตถุประสงค์ของการฝึกกีฬาให้ถูกต้องตรงกัน ซึ่งวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการฝึกกีฬา ได้แก่

2.2.1 เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่นักกีฬาในด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์และสังคม ทั้งในขณะฝึกซ้อมและแข่งขัน

2.2.2 เพื่อพัฒนาทักษะและระดับความสามารถของนักกีฬาให้สูงขึ้น

2.2.3 เพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างนักกีฬากับนักกีฬาและนักกีฬากับผู้ฝึกสอนให้ความรักความสามัคคีกันมากยิ่งขึ้น

2.2.4 เพื่อให้ผู้ฝึกสอนรู้จักและเข้าใจในธรรมชาติและบุคลิกภาพของนักกีฬาแต่ละ

คนมากยิ่งขึ้นรวมถึงทราบระดับความสามารถและความสมบูรณ์ของนักกีฬาแต่ละคน ซึ่งจะทำให้สามารถวางแผนการฝึกซ้อมได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น

2.2.5 เพื่อให้นักกีฬาเกิดการยอมรับความสามารถซึ่งกันและกัน และระหว่างนักกีฬากับผู้ฝึกสอน

2.2.6 เพื่อให้ผู้ฝึกสอนสามารถตัดสินใจในการประเมินความสามารถและความพร้อมของนักกีฬาและสามารถคัดเลือกตัวนักกีฬาเพื่อลงทำการแข่งขันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

2.3 ประโยชน์ของการฝึกกีฬา

การฝึกกีฬาเป็นไปตามโครงการและแผนการฝึกที่ถูกต้องตามหลักการและวิธีการจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่นักกีฬา ผู้ฝึกสอนและผู้เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.3.1 ทำให้นักกีฬามีความสมบูรณ์เต็มที่ทั้งด้านสมรรถภาพร่างกายและจิตใจ ทั้งก่อนการแข่งขันและขณะแข่งขัน รวมทั้งฟื้นสภาพได้เร็วภายหลังการแข่งขัน พร้อมที่จะแข่งขันในครั้งต่อ ๆ ไปได้

2.3.2 ทำให้นักกีฬาได้พัฒนาทักษะและระดับความสามารถของตนเองได้สูงขึ้น

2.3.3 ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างนักกีฬากับนักกีฬาและนักกีฬากับผู้ฝึกสอนในทีมกีฬาดียิ่งขึ้น นักกีฬามีความเข้าใจและยอมรับความสามารถซึ่งกันและกัน

2.3.4 ทำให้ผู้ฝึกสอนทราบความพร้อมและระดับความสามารถของนักกีฬารวมทั้งธรรมชาติและบุคลิกภาพของนักกีฬาแต่ละคน ทำให้สามารถคัดเลือกตัวนักกีฬาลงทำการแข่งขันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการฝึก

ผลของการฝึกนั้น ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลาย ๆ อย่างดังต่อไปนี้

2.4.1 ความหนักของการฝึก

2.4.2 ความบ่อยของการฝึกและระยะเวลาของการฝึก

2.4.3 ชนิดของโปรแกรมการฝึก เช่น ความเฉพาะของผลของการฝึก

2.4.4 ข้อจำกัดทางด้านพันธุกรรม

2.4.5 วิธีการออกกำลังกายในโปรแกรมการฝึก

2.4.6 การคงสภาพของผลของการฝึก (ศุภฤกษ์ โตอ่อน, 2546)

2.5 หลักการฝึกกีฬา

ความสามารถของนักกีฬาทั้งในขณะฝึกซ้อมและแข่งขันนั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการคือ ทักษะกีฬา ซึ่งรวมถึงเทคนิคและกลยุทธ์ด้านกีฬา (Sport Techniques, Skills and Strategies Fitness) สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) และสมรรถภาพทางจิตใจ (Mental Fitness) ทักษะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการแสดงความสามารถของนักกีฬา นักกีฬาที่มีระดับ

ทักษะดีจะแสดงความสามารถออกมาได้ดี แต่การที่นักกีฬาจะแสดงความสามารถทางทักษะได้เท่ากับระดับความสามารถที่ตนองมีอยู่นั้น ต้องอาศัยสมรรถภาพทางร่างกาย อาทิ ความแข็งแรง ความอดทน พลังหรือกำลังความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว เป็นต้น และสมรรถภาพทางจิต อาทิ การรู้จักควบคุมความตื่นเต้นและความวิตกกังวล การสร้างสมาธิ การสร้างแรงจูงใจและการเสริมแรงกระตุ้นต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้เกิดขึ้นจากการเรียนรู้และการฝึก การฝึก (Training) และการเสริมสร้าง (Conditioning) สมรรถภาพของนักกีฬาจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง จะหลีกเลี่ยงหรือละเลยไม่ได้ และไม่มีวิธีการอื่นใดที่จะมาทดแทนได้ มีเพียงวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะทำให้นักกีฬาเป็นผู้ที่มีความสามารถถึงขีดสูงสุด คือมีความพร้อมในทุก ๆ ด้านขององค์ประกอบทั้ง 3 ดังกล่าวได้ด้วย “การฝึก” เท่านั้น ความหมายของการฝึกกีฬา จึงมิได้มีความหมายเพียงเฉพาะฝึกทักษะ เทคนิคและกลยุทธ์เท่านั้น แต่จะต้องฝึกและเสริมสร้างร่างกายนักกีฬาให้มีความแข็งแรง อดทน มีพลังหรือกำลัง มีความเร็วและความแคล่วคล่องว่องไว นอกจากนั้นผู้ฝึกสอนยังจะต้องสร้างนักกีฬาให้มีความพร้อมด้านจิตใจ ความมีระเบียบวินัย ความขยันและเอาใจใส่ในการฝึกซ้อม รู้จักดูแลรักษาสุขภาพ รู้จักเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณประโยชน์และเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายรวมถึงการพักผ่อนอีกด้วย

2.6 องค์ประกอบของการฝึก

การฝึกต้องคำนึงถึงองค์ประกอบพื้นฐานดังต่อไปนี้

1) กิจกรรมหรือชนิดของการฝึก
2) ระยะในการฝึกแต่ละวัน
3) ช่วงเวลาการฝึกใน 1 สัปดาห์
4) ความหนักเบาของกิจกรรม
5) ระยะเวลาของการฝึกทั้งโปรแกรม
6) ระดับสมรรถภาพของร่างกายก่อนการฝึก

3. การฝึกกีฬาฟุตบอล

3.1 องค์ประกอบพื้นฐานในการฝึกฟุตบอล

ในการเล่นกีฬาชนิดใดก็ตามนักกีฬาจะต้องมีพื้นฐานการเล่นที่ดีจึงจะทำให้สามารถเล่นกีฬานั้นได้เป็นอย่างดี พื้นฐานในการเล่นดังกล่าวจะต้องอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ หลายประการมาประกอบกันเพื่อส่งเสริมให้นักกีฬามีความสามารถในการเล่นที่พัฒนายิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นองค์ประกอบที่มาจากภายในตัวนักกีฬาเอง หรือองค์ประกอบที่มาจากภายนอก ทั้ง 2 ประการนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่านักกีฬาคนนั้นจะมีความสามารถในการเล่นกีฬาชนิดนั้น ๆ ได้มากน้อยเพียงใดหรือ

อาจเรียกได้ว่าเป็นโครงสร้างทางความสามารถของนักกีฬาก็ได้โครงสร้างความสามารถของนักกีฬาเป็นการแยกแยะให้เห็นถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของนักกีฬาว่านักกีฬาจะเล่นกีฬาได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ

3.1.1 องค์ประกอบภายในตัวนักกีฬา (Individual Factors)

1) ความฉลาด ความคิดที่ดี อารมณ์ความรู้สึกและคุณธรรมประจำตน

2) เทคนิคการเล่น

3) ยุทธวิธีการเล่น

4) สมรรถภาพทางกาย

5) ส่วนประกอบของร่างกาย

3.1.2 องค์ประกอบภายนอก (Outer Factors)

นักฟุตบอลจะแสดงความสามารถมากน้อยเพียงใดนั้น นอกจากจะมาความสามารถที่เกิดขึ้นภายในตนเองแล้วยังต้องอาศัยองค์ประกอบจากภายนอกเป็นตัวเสริมด้วย สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของนักฟุตบอลที่มาจากภายนอก ได้แก่

1) อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการฝึกซ้อมและแข่งขันฟุตบอลอุปกรณ์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักฟุตบอล ซึ่งต้องได้มาตรฐานและมีคุณภาพ

2) สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ สโมสร หรือทีมใดมีความพร้อมในเรื่องของสถานที่หรือสิ่งอำนวยความสะดวกจะเป็นองค์ประกอบเสริมให้นักฟุตบอลเกิดความสามารถเพิ่มขึ้นได้

3) สภาพอากาศ สภาพอากาศมีผลกระทบต่อการเล่นฟุตบอล การฝึกซ้อมในอุณหภูมิที่ใกล้เคียงการแข่งขันจริงจะช่วยให้นักกีฬาปรับตัวในการเล่นเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่ง

4) องค์ประกอบภายนอกอื่น ๆ เช่น ผู้ปกครอง ครอบครัว ผู้ฝึกสอน และสภาพของสโมสรที่เล่น เป็นต้น (ชรัส ภิรมย์, 2539)

3.2 การฝึกนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

การฝึกนักกีฬาฟุตบอลขึ้นอยู่กับจุดประสงค์หรือเป้าหมายของการฝึก ช่วงเวลาที่ฝึก เพศและระดับอายุของนักกีฬา สำหรับนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงอายุ 15–18 ปี (Post-puberty) ซึ่งเป็นช่วงกลางถึงปลายวัยรุ่น เริ่มสร้างพัฒนาการทางความคิดสู่การเป็นนักกีฬา การจัดวางโปรแกรมเฉพาะเจาะจงของฟุตบอลจะออกแบบเพื่อพัฒนาทักษะ มีการฝึกหลากหลายด้าน เพื่อการเตรียมพร้อมของข้อต่อ กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สำหรับการฝึกมีการปรับสภาวะเฉพาะกีฬา เช่น การฝึกวิ่งเร่งความเร็วซ้ำ การบิดเหวี่ยงตัว ทักษะการหมุนกลับตัว การฝึกวิ่งเพิ่มความเร็ว การเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไว ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งวัยนี้เริ่มมีความสามารถในการทนการสะสมของกรดแลคติก ดังนั้น การฝึกแบบแอนแอโรบิกสามารถฝึกเพิ่มขึ้นแบบก้าวหน้า พัฒนาความสามารถ

ด้านความอดทนแบบแอโรบิกเพื่อเป็นพื้นฐาน พัฒนาและคงไว้ในด้านความอ่อนตัว สำหรับการฝึกความแข็งแรงสามารถฝึกจากความหนักปานกลางจนถึงหนักมากขึ้นได้ โดยหลีกเลี่ยงการฝึกความแข็งแรงแบบสูงสุด ฝึกพื้นฐานพลัยโอเมตริกที่ความหนักต่ำ สำหรับการฝึกความอดทน (endurance training) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้นักกีฬาฟุตบอลสามารถยืนหยัดอยู่ในสนามและแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลา 90 นาทีของเกมการแข่งขัน จะแบ่งการฝึกออกเป็น 4 ระยะ คือ 1) ช่วงต้นฤดูกาลแข่งขัน ฝึกความอดทนแบบแอโรบิก (aerobic endurance predominates) 2) ช่วงปลายฤดูกาลแข่งขัน ฝึกความอดทนแบบแอนแอโรบิก (anaerobic endurance predominated) 3) ช่วงฤดูกาลแข่งขัน ฝึกคงไว้ซึ่งความอดทนแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก (maintain aerobic and anaerobic endurance) 4) ช่วงปิดฤดูกาลแข่งขัน ฝึกความอดทนแบบแอโรบิกด้วยการฝึกหลากหลายรูปแบบ (aerobic endurance with cross training) (กรมพลศึกษา, 2555)

3.2.1 การฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous training)

เป็นวิธีการฝึกความอดทนแบบแอโรบิก ลักษณะของการปฏิบัติกิจกรรมจะต่อเนื่องตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไปจนถึง 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการฝึก ความหนักของการฝึกและระดับความสามารถของนักกีฬา การพัฒนาความอดทนแบบใช้ออกซิเจนด้วยวิธีการฝึกแบบต่อเนื่องมักถูกจำกัดด้วยความหนักของกิจกรรม การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องส่วนใหญ่จะปฏิบัติที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด แต่ถ้านักกีฬาต้องการออกกำลังกายให้ได้ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น ความหนักของการออกกำลังกายก็จะลดต่ำลง (สนธยา สีละมาด, 2547) โดยความหนักของการฝึกที่ 80–90 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นระดับที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (Power & Howley, 2001) สำหรับการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับสูงจะอยู่ที่ระดับ 85–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (Wilmore & Costill, 1988)

3.2.2 การฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ (Repeated sprint training)

เป็นวิธีการฝึกความอดทนทั้งแบบแอโรบิกและแบบแอนแอโรบิก การฝึกวิธีนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความเร็วและทักษะการวิ่ง การฝึกมักใช้ความหนักของงานมากกว่าการฝึกแบบสลับช่วง โดยระยะเวลาการฝึกอยู่ที่ระหว่าง 30–90 วินาที สัดส่วนของงานต่อการฟื้นตัวประมาณ 1 : 5 (Housh & Dwyer, 1994)

3.2.3 การฝึกแบบเกมสนามเล็ก (Small-side game)

เป็นวิธีการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกรูปแบบหนึ่ง สามารถนำไปฝึกเพื่อสร้างความอดทนแบบแอโรบิกให้นักกีฬาฟุตบอลได้ การฝึกเกมสนามเล็กเป็นการลดจำนวนของผู้เล่นและเพื่อทำการฝึกบนสนามที่มีขนาดเล็กลง เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ทั้งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทน สอดแทรก เทคนิค แทคติก และกลยุทธ์ของการเล่นทั้งการ

รับและการรุกรูปแบบต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของไลอะและคณะ (Iaia, Ermanno, & Bangsbo, 2009) พบว่า การฝึกเกมสนามเล็กช่วยในการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 5-11 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งได้ 3-7 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ความเข้มข้นของแลตเตทในเลือดมีค่าลดลง

3.2.4 การฝึกแบบสลับช่วง (Interval training)

เป็นวิธีการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของความหนักในการฝึกระหว่างการฝึกแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก การฝึกแบบแอโรบิกเพิ่มประสิทธิภาพผ่านวิธีการฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) การฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous training) และการฝึกแบบฟาร์ทเลค (Fartlek training) โดยการฝึกแบบสลับช่วงจะเป็นการฝึกแบบหนักสลับเบา นักกีฬาจะมีการปฏิบัติกิจกรรมความหนักสูงสลับเป็นระยะในช่วงเวลาที่ยาวนาน สัดส่วนช่วงการฝึกหนักต่อช่วงการฝึกเบาเท่ากับ 1–1.5 : 1 (McArdle et al., 1991) การฝึกแบบสลับช่วงซึ่งเป็นที่ได้รับความนิยมคือ การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง ซึ่งความหนักของกิจกรรมช่วงฝึกหนักอยู่ที่ระดับ 80–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดและสลับด้วยช่วงฝึกเบาซึ่งความหนักของกิจกรรมอยู่ที่ระดับ 40–50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2001) ศึกษาวิจัยผลของการฝึกแบบแอโรบิกที่เฉพาะเจาะจง (Specific aerobic training) ด้วยวิธีการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง (High–intensity interval training) ทดลองในนักฟุตบอลเยาวชน จำนวน 19 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ทำการฝึกวิ่งจำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 นาที ที่ความหนักกิจกรรม 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในแต่ละชุด ปฏิบัติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมเวลา 8 สัปดาห์ ทดสอบก่อนและหลังการฝึกในตัวแปร ฮีโมโกลบิน (Hb) ฮีมาโตคิท (Hct) ความสามารถในการกระโดด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว อัตราความเร็วสูงสุดในการเตะบอล ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด การใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพและจุดเริ่มล้า พบว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดเริ่มล้า ประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น การครอบคลุมระยะทางเพิ่มขึ้น จำนวนของการเร่งความเร็วเพิ่มขึ้น100 เปอร์เซ็นต์ จำนวนในการเกี่ยวข้องกับบอลเพิ่มขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความสามารถของการกระโดดแนวดิ่ง ความแข็งแรง ความเร็ว และการเตะส่งบอล ส่วนกลุ่มควบคุมไม่พบความเปลี่ยนแปลงใด ๆ สรุปได้ว่า ความอดทนทางแอโรบิกที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถทางกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้นด้วย แมคมิลันและคณะ (McMillan et al., 2005) ศึกษาวิจัยผลของการฝึกแบบสลับช่วงแบบแอโรบิกความหนักสูง ทดลองในนักฟุตบอลเยาวชน จำนวน 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำการฝึกวิ่งเลี้ยงบอลไปตามลู่ที่ออกแบบฝึกจำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 นาที ที่ความหนักกิจกรรม 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์

ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในแต่ละชุด ปฏิบัติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมเวลา 10 สัปดาห์ ทดสอบมวลของร่างกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนขณะปฏิบัติกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ ความแข็งแรง ความเร็ว และความสามารถในการกระโดด พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสามารถในการกระโดดแนวดิ่ง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในมวลของร่างกาย ความสมารถในการใช้ออกซิเจนขณะปฏิบัติกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ และเวลาในการเร่งความเร็วระยะ 10 เมตร ดูปอนด์ (Dupont et al., 2004) ศึกษาวิจัยผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงสองชุดต่อเนื่อง ทดลองในนักฟุตบอลอาชีพจำนวน 22 คน แบ่งการศึกษาเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 เวลา 10 สัปดาห์ ช่วงควบคุม ฝึกเทคนิค แทคติก ทักษะ และเกมการเล่น ช่วงที่ 2 เวลา 10 สัปดาห์ ช่วงการฝึก ฝึกเหมือนช่วงที่ 1 แต่เพิ่มการฝึกแบบสลับช่วงสองชุดการฝึกต่อเนื่องกัน ประกอบด้วย ชุดที่ 1 วิ่งเร่งความเร็วซ้ำ 12-15 เที่ยว ในเวลาเที่ยวละ 15 วินาที ที่ความหนัก 120 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด พักระหว่างชุด 15 วินาที ชุดที่ 2 วิ่งเร่งความเร็วซ้ำ 12-15 ชุด ที่ความเร็วสูงสุดตลอดระยะทาง 40 เมตร พักระหว่างชุด 30 วินาที ทำการทดสอบภาคสนาม พบว่า ความเร็วขณะวิ่งที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น และการวิ่งระยะทาง 40 เมตรทำเวลาได้ลดลง ไม่พบความแตกต่างในช่วงควบคุม สรุปได้ว่า คุณภาพของร่างกายสามารถพัฒนาประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้ถ้าฝึกซ้อมระหว่างช่วงฤดูการแข่งขัน

4. การฝึกในที่สูง

การฝึกในที่สูงเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นในกีฬาประเภททีม (Billaut et al., 2012) สามารถฝึกได้ทั้งที่บนความสูงจริงหรือในสภาวะจำลองความสูง (ห้องควบคุมสภาวะปริมาณออกซิเจน) ก่อนทำการฝึกบนความสูงหรือในสภาวะจำลองความสูง นักกีฬาจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อให้คุ้นชินกับสภาวะความสูงนั้นก่อนทำการฝึก

4.1 การปรับตัวในที่สูง

ในที่สูงมีปริมาณของออกซิเจนที่ต่ำ ร่างกายของเราจึงมีการปรับตัวในที่สูงโดยมีการตอบสนองที่เกิดขึ้นทันทีและระยะยาวเมื่อร่างกายเกิดความเคยชินต่อการอยู่ในที่สูง มีการศึกษาวิจัยผลของการฝึกในที่สูงเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง ร่างกายมีการปรับตัวทันที และจะปรับตัวอย่างช้าๆ จนชินต่อที่สูงการปรับตัวทันที หายใจถี่ขึ้น (hyperventilation) ของเหลวในร่างกายกลายเป็นด่างเนื่องจากมีการลด CO_2 จากภาวะ hyperventilation, เพิ่ม submaximal heart rate เพิ่ม submaximal cardiac output (CO), stroke volume (SV) ยังคงเหมือนเดิมหรืออาจลดลงเล็กน้อย, Maximal HR ยังคงเหมือนเดิมหรือลดลงเล็กน้อย, Maximal CO ยังคงเหมือนเดิมหรือลดลงเล็กน้อย

การปรับตัวระยะยาว หายใจถี่ (hyperventilation) มีการขับด่างผ่านไตทำให้ลดด่างสำรอง (alkaline reserve) submaximal HR ยังคงสูงอยู่ submaximal CO ต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเล SV ลดลง Maximal HR ลดลง Maximal CO ลดลง Plasma volume ลดลง Hematocrit เพิ่มขึ้น ฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้น เพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง (number of red blood cell) อาจเป็นไปได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของเส้นเลือดฝอย (capillarization) ของกล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) เพิ่ม mitochondria เพิ่ม aerobic enzymes มีการตอบสนองที่เกิดขึ้นทันทีและการปรับตัวระยะยาวต่อการอยู่ที่สูง ความเคยชินกับลักษณะอากาศนั้น ๆ ร่างกายจะมีการปรับทางสรีรวิทยาจนค่อย ๆ คุ้นเคยดังนี้

การตอบสนองที่เกิดขึ้นทันที (Immediate Responses to Altitude) เมื่อขึ้นไปอยู่ในที่สูงทันทีทันใดมีการตอบสนองคือ

1) หายใจเร็วขึ้น

2) การไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นทั้งขณะพักและออกกำลังกายต่ำกว่าระดับสูงสุด

3) การระบายอากาศเพิ่มขึ้น (Hyperventilation) การระบายอากาศเพิ่มขึ้นทันทีและเพิ่มใน 2-3 สัปดาห์แรก และยังอาจเพิ่มอยู่นานเป็นปีเมื่อยังอยู่บนที่สูง

4) การไหลเวียนเลือดตอบสนองเพิ่มขึ้น การปรับตัวในระยะแรกอาจพบว่า Heart rate และ cardiac output เพิ่มขึ้น ส่วน Stroke volume ยังไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการไหลเลือดจะเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยภาวะที่เลือดมีออกซิเจนลดลง

4.2 รูปแบบการฝึกในที่สูง

การฝึกในที่สูงเป็นที่นิยมมากขึ้นในกีฬาประเภททีม (Billaut et al., 2012) เหมาะสำหรับใช้ฝึกนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทนขณะปฏิบัติกิจกรรม ต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกหลายสัปดาห์บนระดับความสูงนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความสูงเกินกว่า 2,400 เมตรขึ้นไปเหนือระดับน้ำทะเล ซึ่งยังคงมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 20.9 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความกดดันบรรยากาศลดลง ทำให้ความดันย่อยของออกซิเจนลดลงด้วย (West, 1996) การฝึกบนที่สูงจริงในสภาวะที่ความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดลดลง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดลดลง เมื่อเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดลดลง จะส่งผลในการกระตุ้นไตให้สังเคราะห์และปลดปล่อยฮอร์โมนอิริทโทรพอยอิติน (EPO) ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นไขกระดูกในการผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน ตลอดช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของโลหิตจะเกิดการพัฒนาสมรรถนะทางแอโรบิก โดยการนำส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานและความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ออกซิเจนผลิตพลังงาน ลีวายและกันเดอเซน (Levine & Stray-Gundersen, 2005) อธิบายว่า กลไกเริ่มต้นตอบสนองเพื่อพัฒนาความสามารถในความอดทนที่ระดับน้ำทะเล ตามด้วยการสัมผัสระยะยาวบนที่

สูงเป็นการเพิ่มการตอบสนองกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง ซึ่งมีผลในระดับปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดแดงและผลต่อการเพิ่มอัตราขนส่งออกซิเจน

การฝึกในที่สูงมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีทั้งข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ผู้ฝึกสอนต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับนักกีฬา ประเภทกีฬา และปัจจัยสนับสนุนของทีมตน ระบบจำลองความสูงและโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เหมาะสม ทำให้นักกีฬาไม่ประสบกับปัญหาความเครียดทางสรีรวิทยาระหว่างการฝึกเหมือนการฝึกซ้อมในที่สูงจริง เป็นการเตรียมความพร้อมให้นักกีฬาทั้งก่อนไปแข่งขันในที่สูงและที่ระดับน้ำทะเล ทั้งยังใช้เพื่อการฟื้นฟูร่างกายของนักกีฬา เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางมากว่า 5 ทศวรรษในนักกีฬาชั้นยอดประเภทความอดทน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถของของนักกีฬาให้ดียิ่งขึ้น (Christopher John Gore, Clark, & Saunders, 2007) นักกีฬาและโค้ชต่างค้นหารูปแบบหรือวิธีการการฝึกใหม่ ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถด้านความอดทนของนักกีฬา การฝึกในที่สูงมี 3 รูปแบบหลัก ดังนี้

4.2.1 การฝึกแบบพักในที่สูงและฝึกในที่สูง (Live high–train high: LHTH)

การฝึกรูปแบบนี้นักกีฬาจะพักอาศัยอยู่ในที่สูงและทำการฝึกในที่สูงโดยเฉพาะที่ความสูงระดับปานกลางซึ่งเป็นระดับที่มีความเหมาะสมสำหรับทำการฝึก นักกีฬา สามารถเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาและไม่เกิดอันตรายจากผลของความสูงนั้น โดยปกติจะใช้เวลาในการฝึกประมาณ 2–4 สัปดาห์ (Millet, Roels, Schmitt, Woorons, & Richalet, 2010)

4.2.2 การฝึกแบบพักในที่สูงและฝึกในที่ต่ำ (Live high–train low: LHTL)

รูปแบบของการฝึกวิธีนี้คือ นักกีฬาจะต้องพักอาศัยอยู่ในที่สูง หรือในที่ ๆ มีการจำลองความสูง (ห้องควบคุมสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ) แล้วทำการฝึกในที่ต่ำที่ระดับน้ำทะเล การฝึกรูปแบบนี้ทำให้นักกีฬาสามารถควบคุมการฝึกตามสภาวะปกติได้อย่างสมบูรณ์ (Stray-Gundersen, Chapman, & Levine, 2002)

4.2.3 การฝึกแบบพักในที่ต่ำและฝึกในที่สูง (Live low–train high: LLTH)

การฝึกแบบพักในที่ต่ำและฝึกในที่สูง (LLTH) มีสองรูปแบบ คือ แบบการพักสัมผัสในสภาวะออกซิเจนต่ำเป็นระยะ (Intermittent Hypoxic Exposure : IHE) และแบบการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำเป็นระยะ (Intermittent Hypoxic Training : IHT) ใช้ระยะเวลาการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำนี้ตั้งแต่ 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงต่อวัน (Hendriksen & Meeuwsen, 2003) ซึ่งทั้งสองวิธีการฝึกมีความน่าสนใจ นักกีฬายังคงพักในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติของพวกเขา และสามารถฝึกซ้อมได้เต็มประสิทธิภาพผ่านสภาวะจำลองความสูง (ห้องจำลองความสูง) ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่ง่ายที่สุดของการฝึกในที่สูง สามารถฝึกรวมเป็นโปรแกรมการฝึกและรบกวนชีวิตประจำวันของนักกีฬาน้อยที่สุด และนักกีฬาสามารถดำเนินการฝึกส่วนใหญ่ได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับน้ำทะเล เป็นผลให้นักกีฬาไม่ต้องลดคุณภาพหรือความหนักของการฝึก และยังคงช่วยในการปรับตัวทางสรีรวิทยาซึ่ง

เกิดขึ้นจากการสัมผัสบนความสูงได้เป็นอย่างดี สมาคมการกีฬาแห่งประเทศออสเตรเลีย (Australian Institute of Sport: AIS) ซึ่งตีพิมพ์ผลงานการค้นคว้าวิจัย ได้แนะนำการเพิ่มการฝึกบนที่สูงในโปรแกรมการฝึกว่า สามารถพัฒนาสมรรถนะมากกว่าเพียงการนอนบนที่สูงอย่างเดียว การฝึกรูปแบบนี้ค่าใช้จ่ายไม่มาก มีความยืดหยุ่น สามารถเติมเต็มโปรแกรมการฝึกที่มีอยู่แล้วโดยปราศจากผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้ฝึก จึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดของการฝึกรูปแบบหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำส่งออกซิเจนที่มากพอสำหรับใช้เป็นเป็นพลังงานในการดำเนินกิจกรรมโดยเฉพาะในกีฬาประเภทความอดทน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

สมิทธิเดช โม่งประณีตและคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลไม่ต่ำกว่า 1,000 เมตร ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา อายุ 16–18 ปี เพื่อศึกษาผลของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก และจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลชายของโรงเรียนกีฬา จังหวัดขอนแก่น จำนวน 42 คน โดย 19 คน ฝึกบนความสูง 1,300 เมตร และ 23 คน ฝึกบนที่ราบทำการฝึกซ้อม 28 วัน ติดต่อกัน พบว่า กลุ่มฝึกบนที่สูงมีสมรรถภาพทางกายแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มฝึกบนที่ราบ จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกบนที่ราบ จากความสูง 1,300 เมตร ความดันบรรยากาศลดลงจาก 760 มิลลิเมตรปรอท เป็น 731 มิลลิเมตรปรอท ปริมาณออกซิเจนประมาณ 17.8 เปอร์เซ็นต์ สันนิษฐานว่า การที่ไตรับออกซิเจนลดลง จะไปกระตุ้นให้ไตมีการสร้างและปล่อยสารที่เรียกว่า อิริทโทรโพอิติน (Erythropoietin) (Porter & Goldberg, 1994; West, 1996) ซึ่งเป็นฮอร์โมนสำคัญในการควบคุมการสร้างเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม กระบวนการได้มาของเม็ดเลือดแดงใช้เวลา 5–7 วัน นับตั้งแต่เริ่มมีการเพิ่มระดับอิริทโทรโพอิติน

ฐาปนวัฒน์ สุขปาละ (2554) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล เพื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของทีมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18–22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่ม

ตัวอย่างแบบง่ายออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 9 คน ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละการเปลี่ยนแปลง และเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ภายในแต่ละกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–way Analysis of Variance) โดยหากพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของแอลเอสดี ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัยหลังการทดลอง 6 สัปดาห์พบว่า กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ สูงกว่ากลุ่มควบคุมและก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ส่วนร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้ามีเพียงกลุ่มควบคุมที่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทั้ง 3 กลุ่ม

ชายุตม์ หวังวนวัฒน์ (2554) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกบนที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร ต่อการเปลี่ยนแปลงผลทางโลหิตวิทยาในเด็กสุขภาพดีอายุ 10–12 ปี เพื่อศึกษาผลของการฝึกบนที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร ต่อการเปลี่ยนแปลงผลทางโลหิตวิทยา คือ จำนวนเม็ดเลือดขาว จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และค่าฮีมาโตคริต กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กบนพื้นที่สูงที่มีสุขภาพดี อายุ 10–12 ปี จำนวน 16 คน (ชาย 12 คน หญิง 4 คน) โดย 8 คน ฝึกบนความสูง 1,500 เมตร และ 8 คน ไม่ได้รับการฝึกและใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ ระยะเวลาการทดลอง สัปดาห์ละ 4 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ก่อนและหลังการฝึกตามโปรแกรมการฝึกบนที่สูง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าจำนวนเม็ดเลือดขาว จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ค่าฮีมาโตคริต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม จึงแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมการฝึกในที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาในเด็กสุขภาพดี อายุ 10–12 ปี ที่อาศัยอยู่บนที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร

สมชาย กุลโสภิต (2555) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกซ้อมบนที่สูงที่มีต่อสมรรถนะเชิงแอโรบิก แอนแอโรบิก และความสามารถของนักกีฬาเรือพายที่ระดับความสูง 300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 1,520 เมตร เป็นเวลา 28 วัน ระหว่าง ก่อน และหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลา 1 วัน

7 วัน และ 14 วัน ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเลือด สมรรถนะเชิงแอโรบิก แอนแอโรบิก และความสามารถของนักกีฬาเรือพายด้านความอดทนและความเร็วของการพายเรือ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักพายเรือ จำนวน 10 คน อายุ 18–22 ปี เลือกแบบเจาะจง โดย 5 คนฝึกซ้อมบนที่สูงประมาณ 1,520 เมตร และ 5 คนเป็นกลุ่มควบคุม ฝึกซ้อมที่ความสูงประมาณ 300 เมตร ทั้งสองกลุ่มฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกเดียวกันเป็นเวลา 28 วัน ประกอบด้วย การฝึกแบบสลับช่วง การฝึกโดยใช้น้ำหนัก การฝึกแบบแอโรบิก โดยฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 6 วัน วันละ 3–4 ชั่วโมง และในวันอาทิตย์จะเป็นการฝึกทบทวนทักษะการพายเรือประมาณ 1–2 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มฝึกในที่สูง 1,520 เมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณฮีมาโตคริตและเซลล์เม็ดเลือดแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นเวลา 7 วัน สำหรับค่าตัวแปรอื่น ๆ ของเลือดหลังการฝึกซ้อมทุกช่วงเวลามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าพลังงานแอโรบิกและแอนแอโรบิก หลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับความสามารถด้านการพายเรือเมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน พบว่า เวลาในการพายเรือด้านความอดทนเพิ่มขึ้น สำหรับเวลาของความเร็วลดลง ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึกซ้อม 7 วัน แต่หลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก ปริมาณฮีมาโตคริตและฮอร์โมนอิริทโทรโปอิตินมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าตัวแปรอื่น ๆ ของเลือดหลังการฝึกซ้อมทุกช่วงเวลามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยพบว่า ไม่มีข้อมูลที่สนับสนุนว่า ผลการฝึกซ้อมบนที่สูงประมาณ 1,520 เมตร เป็นระยะเวลา 28 วัน ส่งผลให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการพัฒนาระบบพลังงานแอโรบิก พลังงานแอนแอโรบิก และด้านโลหิตวิทยา แต่ทำให้ความสามารถในการพายเรือของนักกีฬาที่ได้รับการฝึกพัฒนาขึ้นที่ระดับพื้นที่ต่ำกว่า

5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

มอร์ทอนและเคเบิล (Morton & Cable, 2005) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วงต่อความสามารถทางแอโรบิกและแอนแอโรบิก เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วงในระยะสั้น ๆ มีผลเพิ่มความสามารถทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกที่ระดับน้ำทะเลได้มากกว่าที่เกิดขึ้นกับการฝึกที่เท่ากันในระดับน้ำทะเลหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างคือ นักกีฬาที่ได้รับการฝึกในระดับปานกลางจำนวน 8 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเทียบเท่าความสูง 2,750 เมตร กลุ่มควบคุมฝึกในห้องปฏิบัติการความสูงระดับน้ำทะเล ระยะเวลาการฝึก 4 สัปดาห์ ฝึกโดยปั่นจักรยาน 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกแต่ละครั้งปั่น 1 นาที ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของ WRmax พัก 2 นาที ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของ WRmax เพิ่ม 5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการฝึกครั้งที่ 6 และเพิ่มอีก 5 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการฝึกครั้งที่ 9 ทดสอบ VO_2max, Power output ขณะเกิด Lactate ที่ 4 โมล Wmax และ Wingate anaerobic test

พบว่า ผลจากการฝึกพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของ VO_2max, Power output, Wmax, mean power และ peak power ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ส่วนความเข้มข้นของฮีโมโกลบินและฮีมาโตคริตไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งสองกลุ่ม สรุปผล Acute exposure ของการฝึกในระดับกลางช่วงระยะเวลาสั้นไม่เพิ่มความสามารถทางแอโรบิกและแอนแอโรบิก ทุกช่วงเวลามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เรลส์และคณะ (B. a. Roels et al., 2005) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถในการปั่นจักรยาน ได้ทำการทดลองเทคนิกการฝึกในสภาวะจำลองความสูงแบบใหม่ ที่เรียกว่า IHIT ซึ่งกำหนดวิธีการฝึกให้มีการฝึกสลับระหว่างสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติกับสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำภายในช่วงการฝึกเดียวกัน จุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า การฝึกสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นระยะจะสามารถพัฒนาความสามารถในการปั่นจักรยานที่ระดับน้ำทะเลมากกว่าการฝึกที่เท่ากันในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำต่อเนื่องกับสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยานที่ได้รับการฝึกมาอย่างดี จำนวน 33 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม 1 ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ IHT (PiO_2 = 100 mmHg) กลุ่ม 2 ฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ IHIT กลุ่ม 3 ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ Normoxia (PiO_2 = 160 mmHg) ฝึกเป็นเวลา 7 สัปดาห์ การฝึกที่ความหนักสูง 90–100 เปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุด (Peak power output) สำหรับฝึกสลับช่วงแต่ละครั้ง การฝึกสลับช่วงแต่ละครั้งทำในห้องแลปด้วยการปั่นจักรยานส่วนตัวของนักกีฬาเองในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติของกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ส่วนกลุ่มฝึกสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ทำการอบอุ่นร่างกายและคลายอุ่น เพิ่มด้วยการพักฟื้นในแต่ละช่วงที่สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสลับช่วงการฝึกความหนักสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ผลสรุป กำลังสูงสุดระหว่างการปั่นจับเวลาใน 10 นาทีพัฒนาขึ้นหลังจาก 4 สัปดาห์แรกของการฝึกทุกกลุ่ม โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทั้ง 3 แต่ต่อมาอีก 3 สัปดาห์ไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มใด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มเพียงในกลุ่ม IHIT สรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงทำให้ความอดทนเพิ่มขึ้นใน 4 สัปดาห์ การสัมผัสสภาวะออกซิเจนต่ำช่วงสั้น 114 นาทีต่อสัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการปั่นหรือในตัวแปรทางโลหิตวิทยาใด ๆ

การ์ดเนอร์ (GARDNER, 2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลการฝึกบนที่สูงจะก่อเกิดประโยชน์ต่อนักกีฬาที่ระดับน้ำทะเลหรือไม่ ค้นคว้าเอกสารงานวิจัยจากฐานข้อมูลระหว่างปี ค.ศ. 1992–2009 พบว่า การปรับเปลี่ยนทางสรีรวิทยาพบในผู้เข้าร่วมการวิจัยส่วนใหญ่เมื่อกลับสู่สภาวะออกซิเจนปกติ แต่การปรับเปลี่ยนเหล่านี้ไม่เท่ากันเสมอไปในด้านสมรรถนะ เช่น การเพิ่มในระดับความเข้มข้นของอิริทโทรพอยอิติน (EPO) ซึ่งไม่เป็นสัดส่วนตามการเพิ่มของเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน

การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) มวลเซลล์เม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน พลังงานสูงสุด พลังงานเฉลี่ย การพัฒนาการวิ่ง การลดระยะเวลาการปั่นจักรยาน (time trial) ในนักกีฬาที่ระดับน้ำทะเล เกิดประโยชน์อย่างมากต่อพลังแอโรบิกที่ระดับน้ำทะเล ในการพักมากกว่า 20 ชั่วโมงต่อวัน ที่ระดับความสูง 2,500 เมตร และฝึกในอากาศปกติ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และเกิดประโยชน์อย่างมากต่อการเพิ่มพลังแอนแอโรบิก ในการฝึก 2 ชั่วโมงต่อวัน ที่ความหนัก 60–70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง เป็นเวลา 10 วัน สรุปได้ว่า การวิจัยในอนาคตจำเป็นต้องทำก่อนที่จะสามารถพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า การฝึกในที่สูงเพิ่มประสิทธิภาพที่ระดับน้ำทะเลทั้งแอโรบิกและแอนแอโรบิก มีข้อแนะนำว่า การวิจัยในอนาคต จะไม่ยึดติดอยู่กับโปรแกรมการฝึกบนเทรดมิลล์หรือจักรยานวัดงาน

ซูบาและคณะ (Milosz Czuba et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วงต่อความสามารถทางแอโรบิกและสมรรถนะด้านความอดทนในนักจักรยาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักจักรยานชั้นยอดชายจำนวน 20 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองฝึกที่สภาวะจำลองความสูง 2,500-2,600 เมตร และกลุ่มควบคุมฝึกที่ระดับน้ำทะเลปกติ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง ฝึกที่สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (FiO_2=15.2%) ความหนักของการฝึกที่ 95 เปอร์เซ็นต์ของอัตรางานที่แลคเตทเทรชโฮลด์ (Work rate at lactate threshold : WRLT) ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ นานครั้งละ 30 นาทีในสัปดาห์แรก เพิ่มเป็นครั้งละ 35 นาทีในสัปดาห์ที่ 2 และ 40 นาทีในสัปดาห์ที่ 3 กลุ่มควบคุม ฝึกที่สภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (FiO_2=21%) ความหนักของการฝึกที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตรางานที่แลคเตทเทรชโฮลด์ (Work rate at lactate threshold : WRLT) พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของ VO_2max, VO_2LT, WRmax, WRLT และการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นของแลคเตทเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง (IHT group) สรุปว่า การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจต่ำแบบสลับช่วงที่ความหนักของจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold) ระยะเวลาปานกลาง (30–40 นาที) มีผลต่อการพัฒนาความสามารถทางแอโรบิกและความอดทนที่ระดับน้ำทะเล

วอร์ทแมน (Wortman, 2012) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) เกี่ยวกับตัวแปรในการฝึกแบบพักที่ต่ำฝึกในที่สูง จากการรวบรวมสังเคราะห์งานวิจัยและคำนวณขนาดของประสิทธิผล (Effect sizes) และหาค่าสูงสุดในแต่ละตัวแปรศึกษา ได้ผลสรุปคือ ขนาดของประสิทธิผลสูงสุด สำหรับระดับความสูงในการฝึกเกิดขึ้นระหว่าง 2,500–3,000 เมตร ความถี่ของการฝึกคือ 6 ครั้งต่อสัปดาห์ ความนานของการฝึกคือ 97 นาทีต่อครั้ง ความหนักของการฝึกคือ 60–65 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระยะเวลาเกิดความสามารถสูงสุดหลังการฝึกเสร็จสิ้นคือ วันที่ 8

ซูบาและคณะ (Miłosz Czuba et al., 2013) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อความสามารถทางแอโรบิกในนักกีฬาบาสเกตบอล ทำการวิจัยในนักบาสเกตบอลชายที่ฝึกมาอย่างดีจำนวน 12 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเทียบเท่าความสูงระดับ 2,500 เมตร และกลุ่มควบคุมฝึกในสภาวะปริมาณอากาศปกติที่ระดับน้ำทะเล ฝึกจำนวน 4–5 ชุด ๆ ละ 4 นาที ที่ความหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็ว ณ จุดการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) สลับพักแบบมีกิจกรรม 4 นาที ที่ความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ของความเร็ว ณ จุดการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) โดยใช้ความเร็ว ณ จุดที่มีการใช้ออกซิเจนสูงสุดของสภาวะอากาศตามกลุ่มที่ฝึกทั้งสองกลุ่ม ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถพัฒนาความสามารถทางแอโรบิกได้เพิ่มขึ้นที่ระดับน้ำทะเล

แมคลีน กอร์ และเคมป์ (McLean, Gore, & Kemp, 2014) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้รูปแบบของการพักในที่ต่ำและฝึกในที่สูง (LLTH) เพื่อเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายในนักกีฬาประเภททีม จุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลความสามารถที่สภาวะออกซิเจนปกติเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกแบบ LLTH โดยเฉพาะเน้นความสำคัญที่ความหนักของการฝึกและรูปแบบการฝึก โดยการรวบรวมงานวิจัยจำนวน 40 ชิ้นงาน แบ่งเป็น 31 กรณีศึกษา ใน 4 ชนิดของ LLTH ประกอบด้วย 1) การฝึกที่ความหนักต่ำแบบต่อเนื่องในสภาวะออกซิเจนต่ำ (CHT) 2) การฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วง (IHT) 3) การฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ ๆ ในสภาวะออกซิเจนต่ำ (RSH) 4) การฝึกแบบมีแรงต้านในสภาวะออกซิเจนต่ำ (RTH) จากการวิเคราะห์ข้อมูล ชนิดที่ 1 CHT ฝึกที่จุดก่อนถึงจุดสูงสุดแบบต่อเนื่องภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำ ระยะเวลามากกว่า 20 นาที เพื่อพัฒนาความสามารถพื้นฐานของความอดทนให้เพิ่มขึ้น (เช่น การวิ่ง การปั่นจักรยาน การว่ายน้ำ การพายเรือ) ชนิดที่ 2 IHT ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วง ระยะเวลาปานกลาง (ประมาณ 30 วินาที–5 นาที) ที่ความหนักระดับสูงสลับพัก เพื่อจะพัฒนาความสามารถในการออกกำลังกายที่ความหนักสูง ชนิดที่ 3 RSH ฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำ ๆ ในระยะเวลาสั้น (ประมาณ 5–30 วินาที) ตามด้วยช่วงการพักฟื้นที่ยาวนานขึ้น (ประมาณ 20 วินาที–3 นาที) เพื่อจะพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วซ้ำ ๆ ชนิดที่ 4 RTH ฝึกแบบมีแรงต้านทานในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาโดยเฉพาะการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแบบสลับช่วง (Interval hypoxic training: IHT) ความสำคัญของความหนักในการออกกำลังกายเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องปรับให้ตอบสนองต่อรูปแบบการฝึกแบบ LLTH ตามที่เร็ว ๆ นี้ ได้ถูกเน้นความสำคัญโดยมิลเลตและคณะ (Millet et al., 2010) ในบทสรุป ขณะที่ส่วนใหญ่ของรูปแบบการฝึกแบบ IHT ได้รับการควบคุมเป็นอย่างดี หลายกรณีศึกษาได้นำเสนอว่าไม่ก่อเกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นจากการกระตุ้นด้วยสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ข้อจำกัดของวรรณกรรมตามที่หาได้

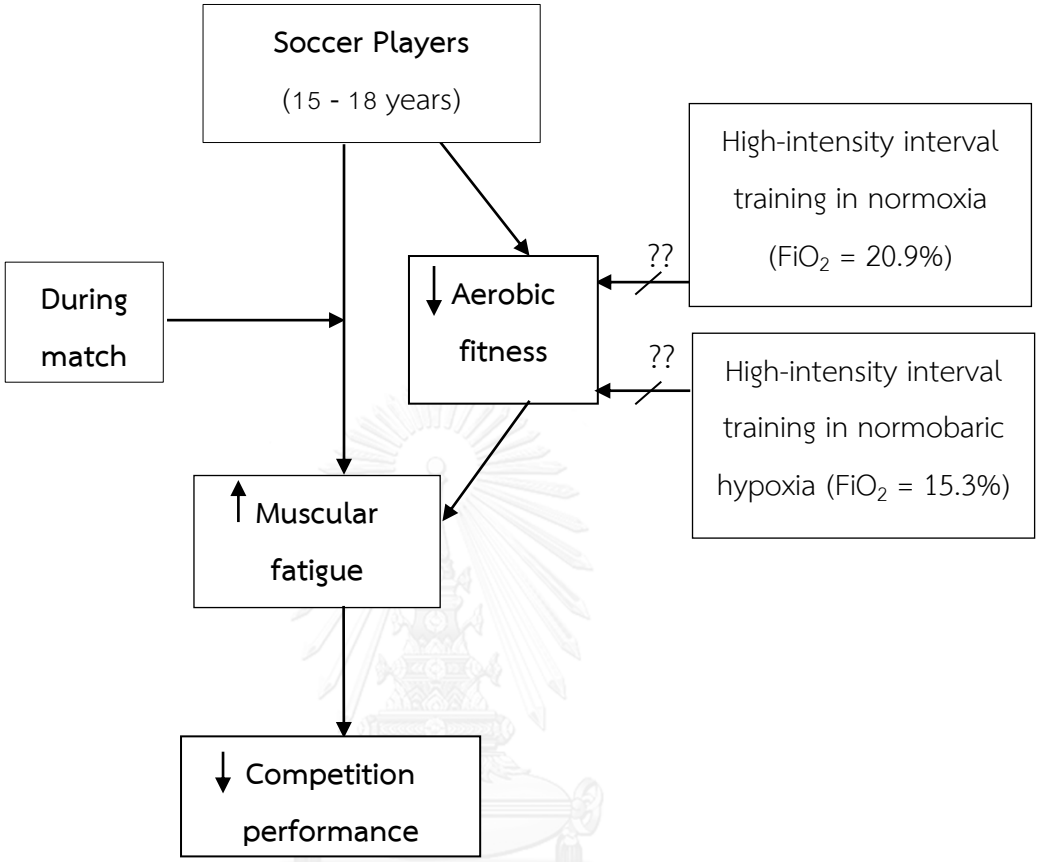
มีข้อเสนอแนะว่า การพัฒนาที่ดีขึ้นด้วยการฝึกแบบ IHT อาจจะมีโอกาสมากขึ้น หากมีการสลับช่วงการฝึกด้วยความหนักสูงถูกปฏิบัติอย่างสมบูรณ์ระหว่างการสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ความหนักที่เพียงพอและปริมาณของการฝึกในสภาวะออกซิเจนปกติถูกปฏิบัติร่วมกับการฝึกแบบ IHT

แกทเทอเรอและคณะ (Gatterer et al., 2014) ได้ทำการศึกษาการฝึกเร่งความเร็วไป-กลับในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ทดลองในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชั้นยอดจำนวน 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ฝึกเร่งความเร็วซ้ำไป-กลับในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ14.8 เปอร์เซ็นต์ (เทียบเท่าระดับความสูง 3,300 เมตร) และกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ 20.95 เปอร์เซ็นต์ ฝึกวิ่งด้วยความเร็ว 3 ชุด ชุดละ 5 เที่ยว เที่ยวละ 10 วินาที (ด้วยความเร็วสูงสุดในการวิ่งระยะ 4.5 เมตร) สลับพัก 20 วินาทีต่อเที่ยวและ 5 นาทีต่อชุด ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 5 สัปดาห์ พบว่า การฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำไป-กลับในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำทำให้ระดับความเมื่อยล้าลดลงได้ดีกว่าในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

กัลวินและคณะ (Galvin, Cooke, Sumners, Mileva, & Bowtell, 2013) ศึกษาวิจัยเรื่องการฝึกเร่งความเร็วซ้ำในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ ในนักกีฬารักบี้ชายที่ฝึกมาอย่างดี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 13 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุม ฝึกในสภาวะออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ ทำการฝึกแบบเร่งความเร็วซ้ำจำนวน 10 ชุด ชุดละ 6 วินาที สลับพัก 30 วินาที ฝึก 3 ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ผลการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำส่งผลที่ดีกว่าในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ คือ ทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการฝึกนักกีฬาฟุตบอลในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ปรากฏว่ามีการศึกษาน้อยชิ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่พบงานวิจัยใด ๆ เกี่ยวกับการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีพบเพียงการศึกษาในกีฬาบาสเกตบอล จักรยาน นักวิ่งระยะไกล จากการสังเกตพบว่า การฝึกนักกีฬาฟุตบอลทั้งในอดีตและในปัจจุบัน มุ่งเน้นการฝึกความเร็ว ความแข็งแรง และความอดทนให้กับนักกีฬาในสภาวะอากาศปกติ ซึ่งถ้าหากทำการฝึกนักกีฬาภายในห้องที่มีสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพของการฝึกส่งผลต่อการเพิ่มความอดทนได้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนสามารถลดความเมื่อยล้าระหว่างเกมแข่งขันได้เป็นอย่างดียิ่งกว่าการฝึกแบบทั่วไปในสภาวะปริมาณอากาศปกติ

6. กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นักกีฬาฟุตบอลขณะทำการแข่งขันฟุตบอลในระยะเวลา 90 นาทีจะทำให้สมรรถภาพทางแอโรบิกซึ่งเป็นระบบพลังงานหลักของร่างกายที่ใช้ขณะปฏิบัติกิจกรรมตลอดเกมการแข่งขันลดลง ทำให้นักกีฬาเกิดความเมื่อยล้าส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาขณะทำการแข่งขันที่ลดลงตามไปด้วย จากการศึกษาผู้วิจัยได้นำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมาเพื่อใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบลเป็นการเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาส่งผลทำให้ความสามารถขณะทำการแข่งขันฟุตบอลของนักกีฬาเพิ่มขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยมีระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชนชาย โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร อายุระหว่าง 15-16 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์)

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง ใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ที่ความดันบรรยากาศปกติ

กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรมจี-พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 (Helgerud et al., 2001) และค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.5 กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 13 คน รวม 26 คน ผู้วิจัยป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของผู้เข้าร่วมการวิจัยระหว่างดำเนินการทดลองจนอาจทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่พอแก่การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงคำนวณกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมจากจำนวนเดิม 26 คน เพิ่มเติมอีกจำนวนร้อยละ 20 เท่ากับ 6 คน การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 16 คน รวมทั้งสิ้น 32 คน

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีจับคู่ (Matching group) เรียงลำดับตามความสามารถของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake: VO_2max) ซึ่งทำการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส โดยวิ่งทดสอบบนลู่กลไฟฟ้า ใช้แบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test) ก่อนดำเนินการทดลอง แล้วทำการจับฉลากเพื่อสุ่มเข้ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง (Random assignment)

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. นักฟุตบอลเยาวชนโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร เพศชาย อายุ 15–18 ปี

2. สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

3. ไม่มีประวัติของอาการหรือเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคปอด ภูมิแพ้ ไตวาย ตัวเขียว (Cyanosis)

4. มีประวัติการฝึกต่อเนื่องมานานอย่างน้อย 2 ปี โดยทำการฝึกอย่างน้อยวันละ 60 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน

5. ไม่เคยมีประสบการณ์การฝึกในที่สูงหรืออาศัยอยู่ในที่สูงในช่วง 6 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

6. ไม่มีอาการและอาการแสดงของโรคเกี่ยวกับการเจ็บป่วยฉับพลันจากความสูง

7. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าไม่น้อยกว่า 50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ขึ้นไป

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. เข้าร่วมการวิจัยน้อยกว่าร้อยละ 90 ของระยะเวลาการวิจัยทั้งหมด

2. มีอาการบาดเจ็บ จนไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

3. ไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงและข้อแนะนำของงานวิจัย

4. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

หมายเหตุ โอกาสในการที่ผู้เข้าร่วมโครงการถูกคัดออกมีน้อยมาก เนื่องจากเป็นนักกีฬาฟุตบอลของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยที่มีวินัยเคร่งครัดและเชื่อฟังผู้ฝึกสอน แต่หากมีอาการบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมวิจัยต่อไปได้ หากการบาดเจ็บเกิดจากการเข้าร่วมโครงการ ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาจนกว่าจะหายเป็นปกติ แต่หากมิได้เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำในการดูแลตนเองจากการบาดเจ็บนั้นต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับ กีฬาฟุตบอล สมรรถภาพทางกายสำหรับกีฬาฟุตบอล การฝึกกีฬา การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และวิธีการฝึกที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาฟุตบอล

2. กำหนดโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง ดังนี้

2.1 อบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 5 นาที

เริ่มอบอุ่นร่างกาย (5 นาที) วิ่งเหยาะบนลู่กลไฟฟ้าด้วยความหนักกิจกรรมที่ 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax)

2.2 โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง (Interval training)

รูปแบบการฝึก	:	โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) ทำการวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า
ความหนัก (Intensity) และระยะเวลา (Time)	:	90–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 4 นาที สลับ 60–70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 นาที
จำนวนชุดของการฝึก	:	สัปดาห์ที่ 1–4 ทำการฝึก 4 ชุด สัปดาห์ที่ 5–8 ทำการฝึก 5 ชุด
ระยะเวลาพัก	:	เป็นการวิ่งต่อเนื่องแบบสลับช่วงหนักเบา ไม่มีการพักระหว่างชุด
ความถี่ของการฝึก	:	3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์

การกำหนดความหนักของการฝึกสลับช่วง (Interval training) ใช้การทดสอบแรมพ์ (Ramp test) ขณะทำการฝึกผู้วิจัยทำการทดสอบเพื่อกำหนดความหนักของโปรแกรมการฝึกก่อนเริ่มการทดลองและทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อกำหนดความหนักใหม่ในสัปดาห์ที่ 4 เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) โดยทดสอบวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า เริ่มต้นที่ ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง (Miłosz Czuba et al., 2013)

2.3 คลายอุ่นร่างกาย (Cool-down) 5 นาที

คลายอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax)

3. ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) ทดลองโปรแกรมการฝึกกับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย เพื่อทดสอบความหนักของโปรแกรมการฝึกและปรับให้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ฝึกกลุ่มตัวอย่างขณะดำเนินการวิจัย

หมายเหตุ การออกแบบโปรแกรมและการกำหนดความหนักของการฝึก ผู้วิจัยทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) ดังนี้

<u>การศึกษานำร่อง ครั้งที่ 1</u> ทำการทดสอบแรมพ์ในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) โดยทดสอบวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า (Treadmill) เริ่มต้นที่ ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก ทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

(สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงที่ความหนัก 85-90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 60-65 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 3 นาที รวม 28 นาที จบด้วยการวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ผลพบว่า กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับ 85-90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ได้ครบทั้ง 4 ชุด

<u>การศึกษานำร่อง ครั้งที่ 2</u> ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างเดิม โดยทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงที่ความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 60-65 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 3 นาที รวม 28 นาที จบด้วยการวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ผลพบว่า กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับ 80-85 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ได้ครบทั้ง 4 ชุด

<u>การศึกษานำร่อง ครั้งที่ 3</u> ทดลองโปรแกรมการฝึกกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มใหม่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย (ภาคผนวก ก) ทำการทดสอบแรมพ์ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) โดยทดสอบวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า (Treadmill) เริ่มต้นที่ ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก ทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 นาที รวม 28 นาที จบด้วยการวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

ผลพบว่า กลุ่มตัวอย่างสามารถฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับ 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ได้ครบทั้ง 4 ชุด

<u>การศึกษานำร่อง ครั้งที่ 4</u> ทดลองโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อศึกษาผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) และในสภาวะออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) ที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิตที่หัวใจและการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างกลุ่มใหม่มีคุณมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย (ภาคผนวก ก) เป็นนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชายของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยซึ่งอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่ได้รับการคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 15 คน จะได้รับคำชี้แจงรายละเอียดและคำอธิบายต่าง ๆ ของงานวิจัยรวมทั้งการปฏิบัติตนก่อน ระหว่าง และหลังการออกกำลังกายและการทดสอบพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จะได้รับการทดสอบแรมพ์ (มีการวัดการแลกเปลี่ยนแก๊สขณะทำการทดสอบแรมพ์) เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการออกกำลังกาย จะได้รับการออกกำลังกายจำนวนสองครั้ง ครั้งที่หนึ่งวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) และครั้งที่สองในสัปดาห์ถัดไปในเวลาเดียวกันวิ่งออกกำลังกายบนลู่กลไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) การออกกำลังกายเริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 นาที รวม 28 นาที และวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จะได้รับการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ประกอบด้วย วัดตัวแปรทางสรีรวิทยาทั่วไปก่อนและหลังออกกำลังกาย ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย (วัดด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย Whole body bioelectrical impedance analysis, ioi 353, jawon, Korea) อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และความดันโลหิต (วัดด้วยเครื่องวัดความดันโลหิต Carescape v100, GE dinamap, USA) วัดตัวแปรด้านระบบการไหลเวียนโลหิตที่หัวใจขณะออกกำลังกาย ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจ อัตรางาน อัตราการสูบฉีดโลหิตต่อครั้ง (Stroke volume) และอัตราการสูบฉีดโลหิตต่อนาที (Cardiac output) (วัดด้วยเครื่องวัดการไหลเวียนโลหิตที่หัวใจ PhysioFlow PF07 Enduro, USA) วัดการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังบริเวณขาก่อนและหลังออกกำลังกาย เพื่อดูค่าการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังสูงสุดหลังถูกการปิดกั้น

(วัดด้วยเครื่องวัดการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนัง Laser doppler flowmetry, moor LDI2-IR, Germany)

ผลพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการสูบฉีดโลหิตของหัวใจต่อครั้ง อัตราการสูบฉีดโลหิตของหัวใจต่อนาที และการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังสูงสุดหลังถูกการปิดกั้นของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชณะออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเพิ่มสูงขึ้นกว่าชณะออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สรุปได้ว่า ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลที่ดีต่อระบบไหลเวียนโลหิตที่หัวใจและการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังมากกว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ ในระยะยาวการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ น่าจะส่งผลต่อการฝึกที่ดีขึ้นสำหรับนักกีฬาฟุบอลเยาวชน

4. คัดเลือกผู้ช่วยวิจัยจำนวน 6 คน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการดำเนินการฝึกและการทดสอบตลอดโครงการวิจัย โดยผู้ช่วยทั้ง 6 คน เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จะมีการอบรมมาตรฐานการปฏิบัติงานและเตรียมความพร้อมก่อนดำเนินงานตามโครงการวิจัย

5. เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย อายุระหว่าง 15-16 ปี จำนวน 32 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัยจะได้รับทราบรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย พร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และการลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมสำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครองและผู้อยู่ในปกครองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (ภาคผนวก ข) และก่อนดำเนินการวิจัยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับคำแนะนำต่าง ๆ ในการปฏิบัติตัวก่อนวันเข้ารับการฝึกและการทดสอบดังนี้

5.1 นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อยวันละ 8-10 ชั่วโมง

5.2 ระมัดระวังการกินอาหารที่แตกต่างจากอาหารปกติที่เคยกินเป็นประจำ

5.3 ดื่มน้ำให้เพียงพออย่างน้อย 6-8 แก้ว

6. ดำเนินการวิจัย เริ่มจากหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน วิธีแบ่งสองกลุ่ม จะใช้ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ของผู้เข้าร่วมวิจัยจากการทดสอบ โดยนำมาจัดเรียงลำดับ 1-32 แล้วสุ่มเข้ากลุ่มแบบจับคู่ (Matching group) ดังนี้

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
1	2
4	3
5	6
8	7
.....	.....
.....	.....
32	31

จากนั้นจึงทำการจับฉลากเพื่อกำหนดแต่ละกลุ่มว่า เป็นกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง สำหรับการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างกลุ่มกระทำโดยการควบคุมดูแลของผู้ฝึกสอนและผู้วิจัย เนื่องจากทั้งผู้ฝึกสอนและผู้วิจัยอยู่กับผู้ร่วมโครงการวิจัยตลอดเวลาของการฝึกซ้อม ในการแบ่งเข้ากลุ่มวิจัย ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ทำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) ทำการทดสอบแรมพ์ในสภาวะออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) โดยทดสอบวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า (Treadmill) เริ่มต้นที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก (การกำหนดความหนักของการฝึกทำ 2 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกเพื่อใช้ฝึกสัปดาห์ที่ 1-4 และหลังการฝึก 4 สัปดาห์เพื่อใช้ฝึกสัปดาห์ที่ 5-8 (ภาคผนวก ฎ) ทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วง สัปดาห์ที่ 1-4 วิ่งด้วยความเร็ว 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาทีและสัปดาห์ที่ 5-8 วิ่งด้วยความเร็ว 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที การวิ่งด้วยความเร็วกำหนดที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) และการวิ่งเหยาะกำหนดที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) จบด้วยการวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ทำการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) (คณะวิทยาศาสตร์การกีฬามีห้องฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic training room) อยู่ที่ตึกจุฬาพัฒน์ 10 ซึ่งห้อง

ดังกล่าวสามารถใช้ฝึกนักกีฬาในสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนได้ตามเป้าหมายของการฝึก วิธีการทำให้ปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยการปรับตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถควบคุมสภาวะปริมาณออกซิเจนในอากาศภายในห้อง โปรแกรมดังกล่าวจะส่งสัญญาณเชื่อมโยงกับตัวเซ็นเซอร์ภายในห้องและถังปั๊มอากาศภายนอกห้องเพื่อปรับรับปริมาณก๊าซออกซิเจนแล้วปล่อยตามท่อสู่ห้องควบคุมสภาวะปริมาณออกซิเจนตามเป้าหมายที่กำหนด ทั้งนี้ในการปรับปริมาณออกซิเจนของโครงการวิจัยให้ได้ที่ระดับ 15.3 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อการเตรียมความพร้อมก่อนทำการฝึกหรือทำการทดสอบ) ทำการทดสอบแรมพ์ในสภาวะออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) โดยทดสอบวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า (Treadmill) เริ่มต้นที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก (การกำหนดความหนักของการฝึกทำ 2 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกเพื่อใช้ฝึกสัปดาห์ที่ 1-4 และหลังการฝึก 4 สัปดาห์เพื่อใช้ฝึกสัปดาห์ที่ 5-8 ภาคผนวก ฎ) ทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วง สัปดาห์ที่ 1-4 วิ่งด้วยความเร็ว 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาทีและสัปดาห์ที่ 5-8 วิ่งด้วยความเร็ว 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที การวิ่งด้วยความเร็วกำหนดที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) และการวิ่งเหยาะกำหนดที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) จบด้วยการวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์

การศึกษาจะทำทุกวันจันทร์-พุธ-ศุกร์ เวลา 16.00-18.00 น. ระหว่างวันที่ 1 ก.ย.-ต.ค.58 เนื่องจาก ในช่วงปลายภาคการศึกษาถึงช่วงปิดภาคการศึกษาของเทอมต้น ซึ่งเป็นช่วงเตรียมทีมก่อนการแข่งขันกีฬากรมพลศึกษา ประจำปี 2558

หมายเหตุ มีการวัดค่าตัวแปรหลายตัวขณะฝึกซ้อม ได้แก่ การตรวจปัสสาวะ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ การวัดเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด เป็นการปฏิบัติที่มีมาตรฐานและมีความแม่นยำ อีกทั้งไม่เป็นการรบกวนการฝึกเนื่องจาก การตรวจปัสสาวะทำก่อนการฝึกซ้อม การวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้สายคาดบริเวณหน้าอกและส่งสัญญาณแสดงผลไปยังหน้าจอรับสัญญาณของลู่วิ่ง การวัดเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (Finger pulse oximeter) เป็นเพียงการติดเครื่องมือที่ปลายนิ้ว

ความปลอดภัยระหว่างทำการทดลองในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

1) ควบคุมความหนักของการฝึกโดยสังเกตปฏิกิริยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย จากสัญญาณแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด และอาการผิดปกติโดยทั่วไป

2) ควบคุมความหนักการฝึกของผู้เข้าร่วมแต่ละคนให้อยู่ในช่วงเป้าหมายที่กำหนด

3) ควบคุมเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย (ระดับตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) โดยขณะทำการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการติดอุปกรณ์ควบคุมเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) โดยหนีบที่ปลายนิ้ว เพื่อควบคุมความปลอดภัยขณะทำการฝึก โดยผู้วิจัยคอยสังเกตเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดทุกๆ 2 นาที (Brown, Knowlton, Sanjabi, & Szurgot, 1993) โดยค่าที่แสดงจะต้องไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

4) มีการประเมินวัดระดับการรู้สึกตัว (Level of consciousness) (ภาคผนวก ฉ) ของผู้เข้าร่วมวิจัย ทำการประเมินโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย โดยจะประเมินเฉพาะกลุ่มทดลองที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำขณะผู้เข้าร่วมวิจัยมีค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือดที่ลดต่ำลงกว่าปกติขณะทำการฝึก

5) มีการตรวจปัสสาวะเพื่อดูความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นเจือจาง และภาวะขาดน้ำ (ภาคผนวก ช)

6) มีการควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยใช้สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (Soda lime)

7) จัดเตรียมน้ำดื่มให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตลอดการฝึกเพื่อดื่มชดเชยการสูญเสียน้ำขณะฝึก

8) หยุดการฝึกทันทีในสถานการณ์ ดังต่อไปนี้

8.1) มีการเพิ่มขึ้นผิดปกติของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเกินเป้าหมายของการฝึก

8.2) มีการลดลงอย่างฉับพลันของเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือด

8.3) มีเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

8.4) เหนื่อยและไม่สามารถดำเนินการฝึกต่อไปได้อีก

8.5) เวียนศีรษะ หรือหายใจถี่ เจ็บหน้าอก และผลการวัดระดับความรู้สึกตัวอยู่ในขั้นต่ำ

7. การทดสอบ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง นักกีฬาได้รับการทดสอบค่าต่างๆ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 วัน การทดสอบจะถูกจัดขึ้นในวันจันทร์ อังคาร พุธ และพฤหัสบดี ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้การทดสอบในแต่ละครั้งจะดำเนินการทดสอบในวันเวลา และสถานที่เดียวกัน โดยมีผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาคอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด ดังนี้

<u>การทดสอบวันที่ 1</u>

ทำการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1) ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data) ดังนี้

- น้ำหนัก ส่วนสูง และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้าก่อนทำการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน (เปอร์เซ็นต์) (โรงยิมฯ อาคารจันทร์ยิ่งยง)
- อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้ง/นาที) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (โรงยิมฯ อาคารจันทร์ยิ่งยง)
- ความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) โดยวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งขณะพัก (โรงยิมฯ อาคารจันทร์ยิ่งยง)

2) ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness)

- ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (Intermittent endurance performance) ทดสอบด้วยแบบทดสอบโยโย่ (Yo-Yo intermittent recovery test level 1) (ภาคผนวก ค) (โรงยิมฯ อาคารจันทร์ยิ่งยง)

<u>การทดสอบวันที่ 2</u>

ทำการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ (ห้องปฏิบัติการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา) ดังนี้

- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption : VO_2max) และจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold: AT) การวิจัยครั้งนี้ทดสอบ VO_2max และ AT ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analysis device) โดยวิ่งทดสอบบนลู่กลไฟฟ้า ใช้แบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test)

หมายเหตุ นำค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมาเรียงลำดับในการสุ่มเพื่อเข้ากลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง และนำค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate: HRmax) มากำหนดค่าความหนักของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติของกลุ่มควบคุม

การทดสอบวันที่ 3

ทำการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ 15.3 เปอร์เซ็นต์ (ห้องปฏิบัติการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา) ดังนี้

- ความความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption: VO_2max) และจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold: AT) การวิจัยครั้งนี้ทดสอบ VO_2max และ AT ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analysis device) โดยวิ่งทดสอบบนลู่กลไฟฟ้า ใช้แบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test)

หมายเหตุ นำค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate: HRmax) มากำหนดค่าความหนักของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำของกลุ่มทดลอง

การทดสอบวันที่ 4

ทำการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

- ความทนต่อการเมื่อยล้า (Tolerance to fatigue) โดยทดสอบความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability: SPA) ตามแบบทดสอบการส่งบอลของลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test)

ขั้นตอนการทดสอบ คือ เริ่มจากการทำให้เกิดความเมื่อยล้าด้วยการวิ่งไปกลับแบบสลับช่วงพักตามแบบทดสอบของลาฟเบอโรวฟ์ (The loughborough intermittent shuttle test) (Nicholas, Nuttall, & Williams, 2000) (ภาคผนวก ง) แล้วจึงทำการทดสอบความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability: SPA) ตามแบบทดสอบการส่งบอลของลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test) (Ali et al., 2007) (ผนวก ง) ขณะวิ่งเพื่อทำให้เกิดความเมื่อยล้าจะทำการการวัดปริมาณแลคเตทในเลือด (ภาคผนวก จ) โดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือบีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (ประมาณ 1-3 ไมโครลิตร) จำนวน 3 ครั้ง (ขณะพัก ขณะเกิดความเมื่อยล้าช่วงที่ 1 และขณะเกิดความเมื่อยล้าช่วงที่ 2)

หมายเหตุ การฝึกตลอดโครงการวิจัยระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการทดสอบรวม 3 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มการฝึกที่ 0 สัปดาห์ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เนื่องจากการเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นการเตรียมความพร้อมของทีมก่อนการแข่งขัน ดังนั้นผู้มีส่วนร่วมการวิจัยต้องมารับการทดสอบทุกครั้ง และเหตุผลที่ต้องฝึก 8 สัปดาห์ เพราะระยะเวลา 8 สัปดาห์ในการเข้าร่วมโครงการ เป็นช่วงเวลาของการฝึกเพื่อเตรียมความพร้อมของทีมก่อนการแข่งขันกีฬากรมพลศึกษา ประจำปี 2558

8. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และแจ้งผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ หรือให้คำแนะแก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Whole body Bioelectrical Impedance Analyzer) ยี่ห้อ จาวอน (JAWON) รุ่น ไอโอไอ 353 ประเทศเกาหลีใต้

2. เครื่องวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจแบบดิจิตอลขณะพัก (Blood pressure monitors) ยี่ห้อ จีอี ไดนาแมบ (Ge Dinamab) รุ่น แคร์สเคป วี 100 (Carescape V 100) ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

3. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นหัวใจ ดิจิตอล (Finger Pulse Oximeter) ยี่ห้อโนนิน จีโอทู (Nonin GO2™) รุ่น 9750 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. ห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic chamber) ระบบเอทีเอส 5 เคเอชพี 750 (ATS-5KHP 750 SYSTEM) ประเทศออสเตรเลีย

5. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่น เมต้าแม็กซ์ ทรีบี (Cortex : Metamax 3B, Breath by breath) ประเทศเยอรมนี

6. ลู่วิ่งกลไฟฟ้า ยี่ห้อแทรค มาสเตอร์ (Track master) ประเทศสหรัฐอเมริกา

7. สารดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (Soda lime)

8. สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอส 710 ไอ (Polar S710i)

9. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) 8 สัปดาห์

10. แบบทดสอบแรมพ์ (Ramp test)

11. แบบทดสอบโยโย่ (YO-YO intermittent recovery test) (ภาคผนวก ค)

12. แบบทดสอบวิ่งลาฟเบอโรวฟ์ (The loughborough intermittent shuttle test) (ภาคผนวก ง)

13. แบบทดสอบส่งบอลลาฟเบอโรวฟ์ (Loughborough soccer passing test) (ภาคผนวก ง)

14. เครื่องวิเคราะห์แลคเตท (Lactate Analyzer) ยี่ห้ออนาลอกซ์ รุ่น พี-แอลเอ็ม 5 (P-LM 5) ประเทศอังกฤษ (ภาคผนวก จ)

15. แบบประเมินระดับความรู้สึกตัว (Level of consciousness) (ภาคผนวก ฉ)

16. แถบทดสอบปัสสาวะ (Urine specific gravity test strips) (ภาคผนวก ช)

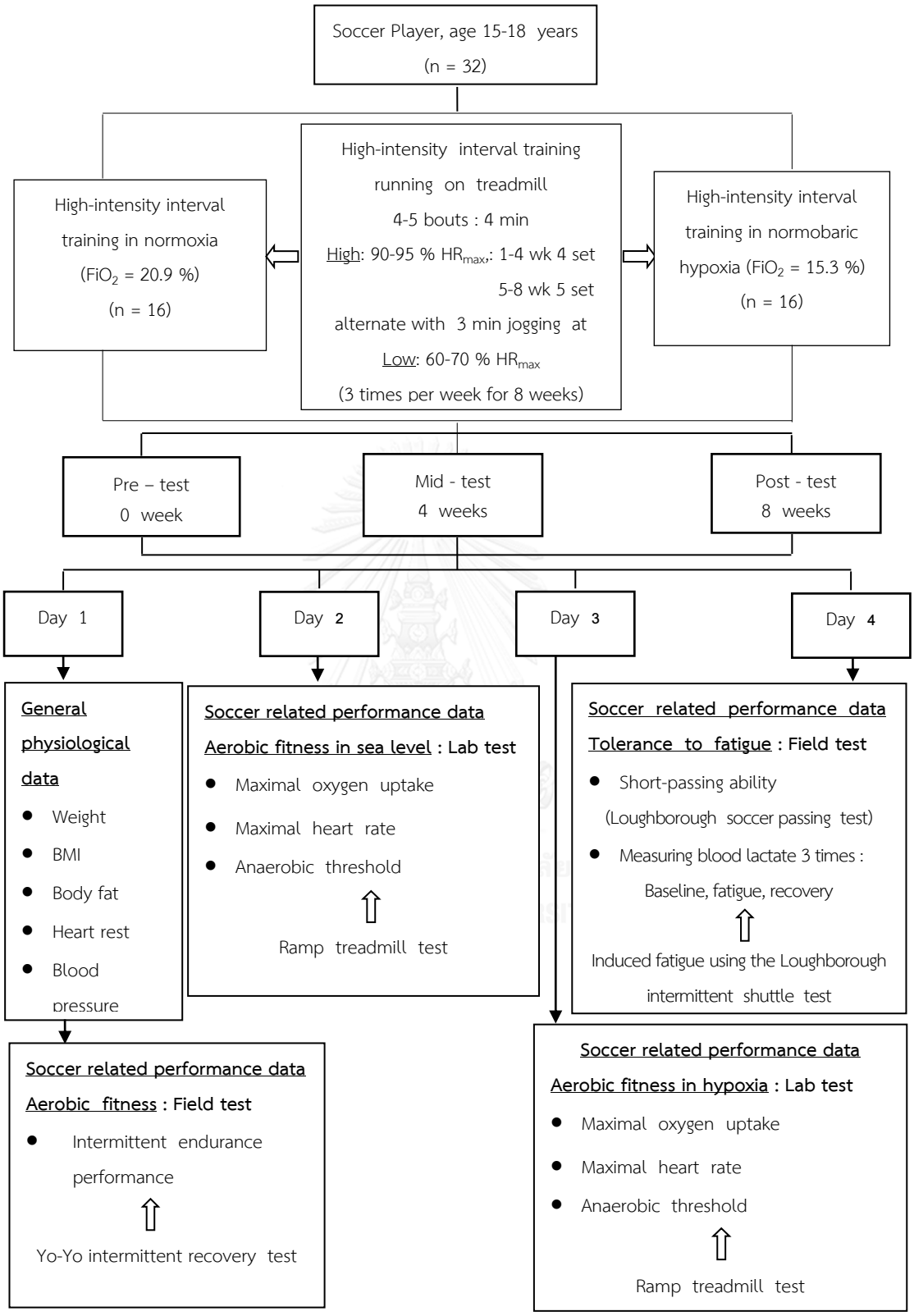
17. แบบบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาทั่วไป) (ภาคผนวก ซ)

18. แบบบันทึกข้อมูลด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก (ภาคผนวก ฌ)

Chulalongkorn University

19. แบบบันทึกข้อมูลด้านความทนต่อการเมื่อยล้า (ภาคผนวก ญ)
20. ตารางแสดงค่าความหนักของการฝึกรายบุคคล (ภาคผนวก ฏ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical package for the social sciences : SPSS)

2. นำผลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มและระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ของแต่ละกลุ่ม โดยใช้การทดสอบ 2 x 3 (Group x Time) Two-way ANOVA with repeated measure และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย จึงมีการตรวจสอบวิธีดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ความเสี่ยงของการฝึก เช่น การฝึกจนหมดแรง ผู้วิจัยป้องกันโดยควบคุมความหนักของการฝึก ไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกจนกระทั่งเกิดสภาวะผิดปกติ ทั้งสัญญาณแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดและอาการแสดง เช่น ตัวซีด เย็น แขนขาอ่อนแรง หายใจแรงและถี่ การมีรู้สึกตัว ผู้วิจัยป้องกันโดยควบคุมเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตั้งแต่ 80% ขึ้นไป และประเมินระดับความรู้สึกตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือดเริ่มลดต่ำลงกว่าปกติ ควบคุมไม่ให้เกิดสภาวะผลการประเมินในระดับต่ำ ซึ่งหากเกิดภาวะความเสี่ยงดังกล่าวขึ้นจะให้การช่วยเหลือ ถ้ากรณีไม่ฉุกเฉิน จะให้การปฐมพยาบาลเพื่อบรรเทาอาการให้หายสู่ภาวะปกติโดยเร็ว แต่ถ้ากรณีฉุกเฉิน จะให้การปฐมพยาบาลเบื้องต้นแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยรถยนต์ที่จัดเตรียมไว้

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อผู้เข้าร่วมวิจัย และสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะเสนอในภาพรวม หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยจะสามารถสอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบอย่างรวดเร็ว

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนจากการทดสอบทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ จำนวนรวม 30 คน (นักกีฬาฟุตบอลเยาชน 2 คนขอถอนตัวจากการเข้าร่วมงานวิจัยเนื่องจากเกิดการบาดเจ็บขณะลงฝึกซ้อมทีมหนึ่งคนและอีกหนึ่งคนเข้ารับการผ่าตัดศัลยกรรมช่องปาก) และนำมาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วจึงนำผลวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)**	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)**
อายุ (ปี)	15.3±0.4	15.3±0.4
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.9±4.3	61.6±7.1
ส่วนสูง (เซ็นติเมตร)	171.8±2.6	172.1±3.9
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	20.6±1.7	20.7±1.9
ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	13.8±3.5	14.5±2.4
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	76.9±4.6	76.4±5.4
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	128.6±8.1	124.6±11.9
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	71.7±7.5	72.1±6.9

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปทุกค่า ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ของนักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำก่อนเริ่มการฝึกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

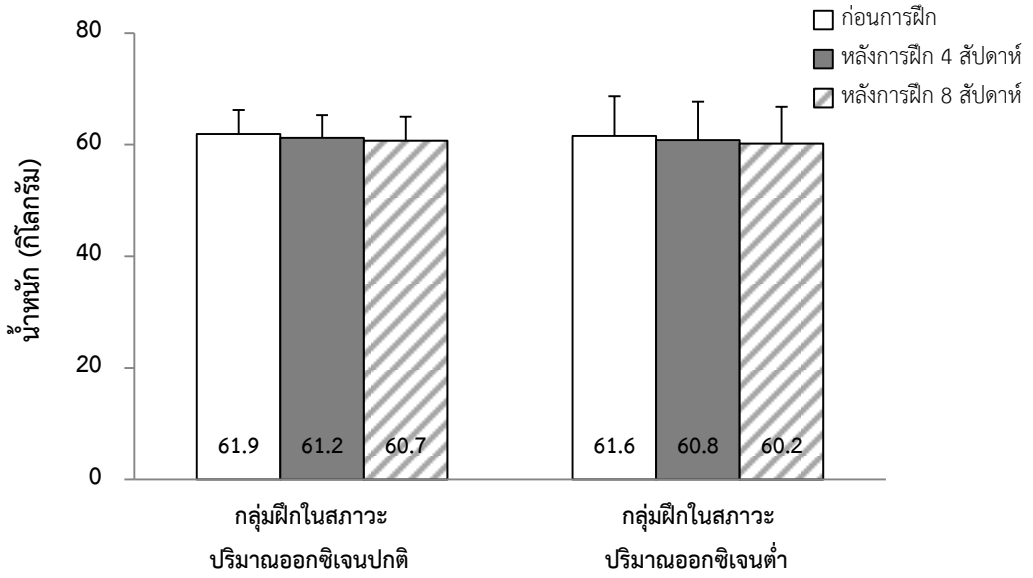
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป	กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)			กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)			Two-way ANOVA (p-value)
	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 4 สัปดาห์	หลังการฝึก 8 สัปดาห์	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 4 สัปดาห์	หลังการฝึก 8 สัปดาห์	
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.9±4.3	61.2±4.1	60.7±4.3	61.6±7.1	60.8±6.9	60.2±6.6	0.702
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	171.8±2.6	171.9±2.1	172.2±3.1	172.1±3.9	172.2±3.9	172.4±3.9	0.624
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	20.6±1.7	20.3±1.6	19.9±1.7	20.7±1.9	20.4±1.8	19.8±1.6	0.597
ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	13.8±3.5	12.7±3.2	11.4±3.8	14.5±2.4	13.6±2.6	12.1±2.1	0.681
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	76.9±4.6	72.1±4.6	69.2±4.9	76.4±5.4	70.5±6.7	66.8±6.1	0.094
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	128.6±8.1	118.3±5.7	112.7±5.4	124.6±11.9	119.6±8.1	116.4±6.2	0.072
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	71.7±8.7	70.5±7.5	67.2±4.6	72.1±6.9	67.8±5.7	67.5±9.8	0.535

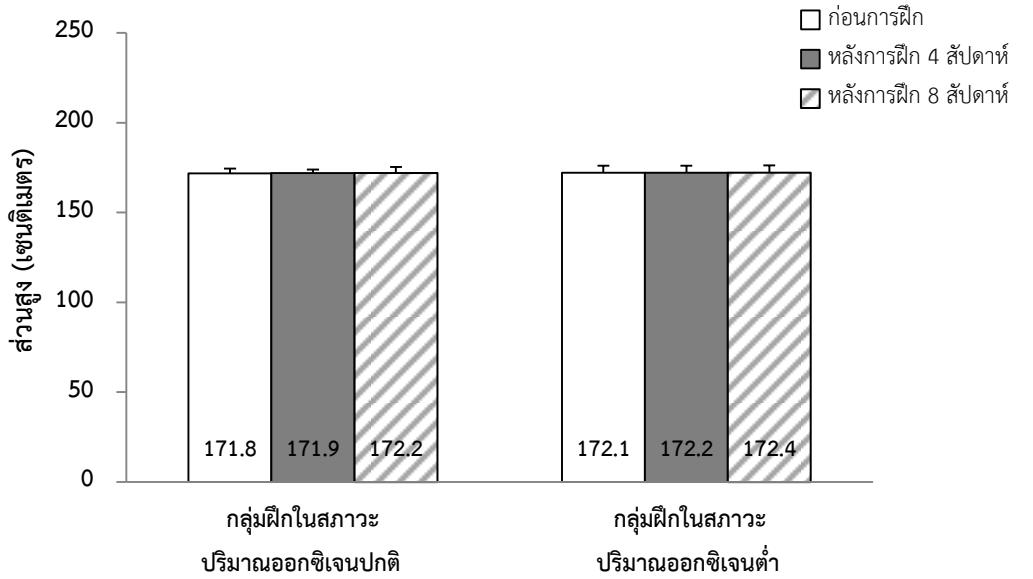
$p>0.05$

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 3-9 แสดงให้เห็นว่า นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์

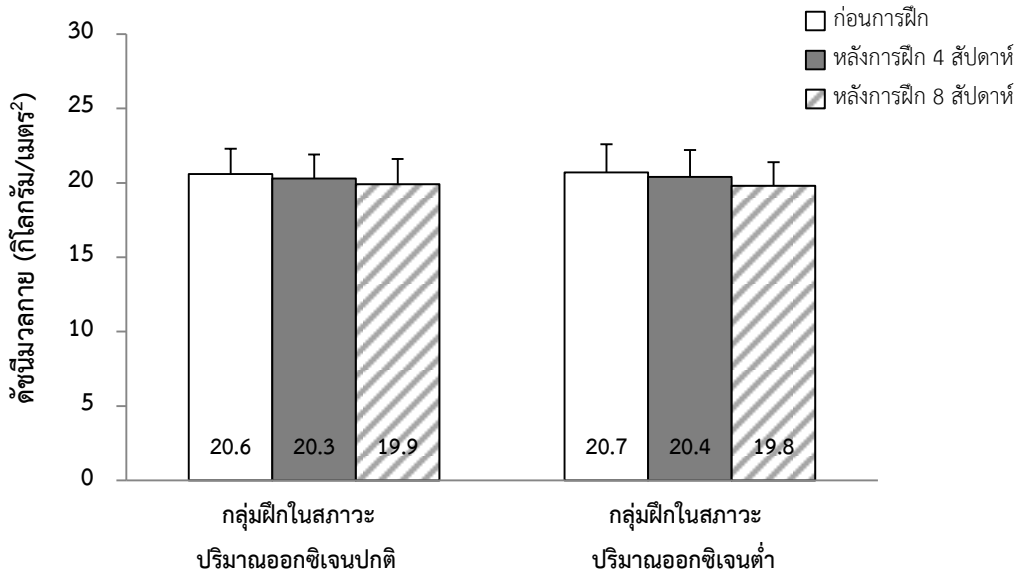
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



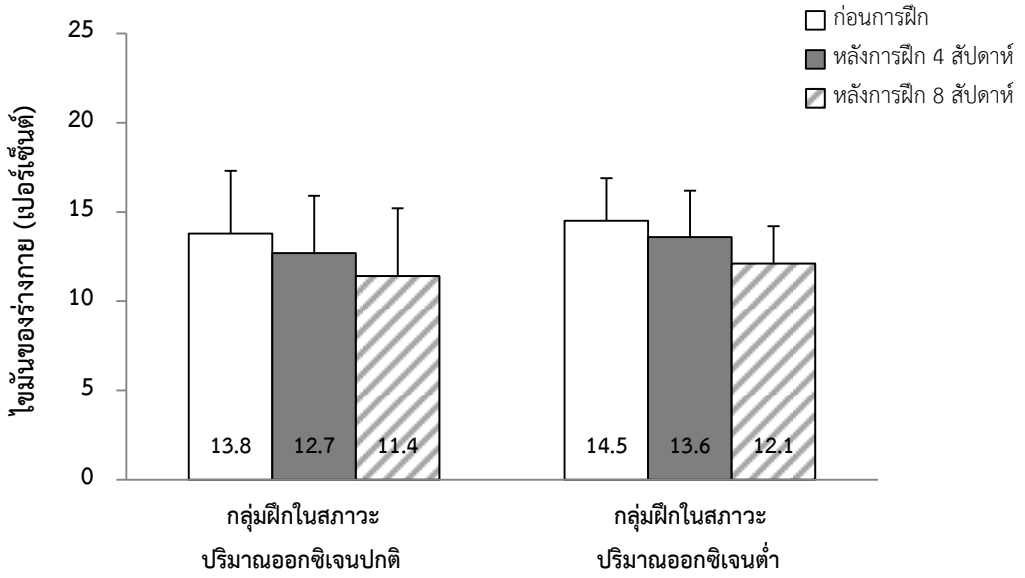
รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของน้ำหนักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



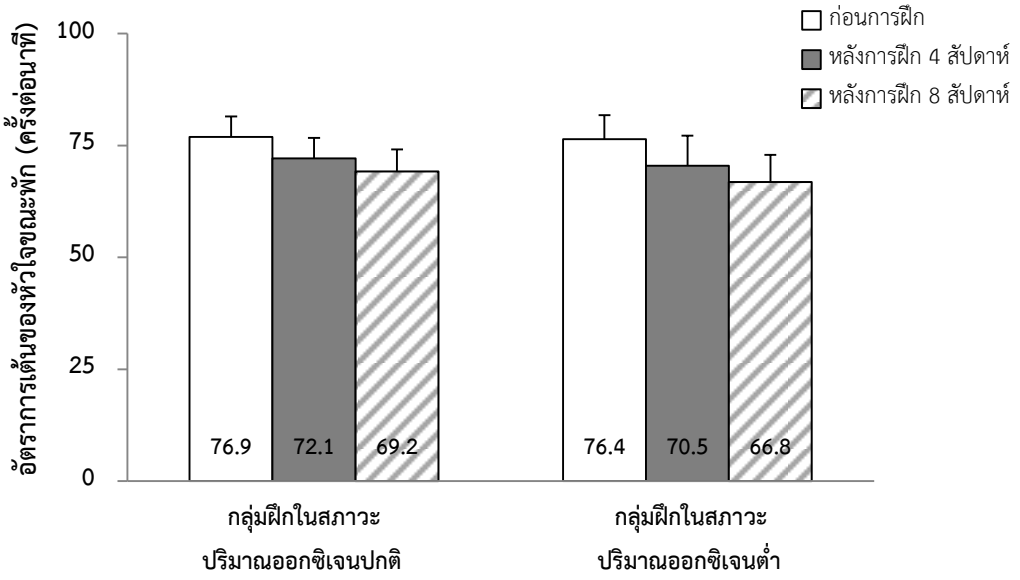
รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของส่วนสูงของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



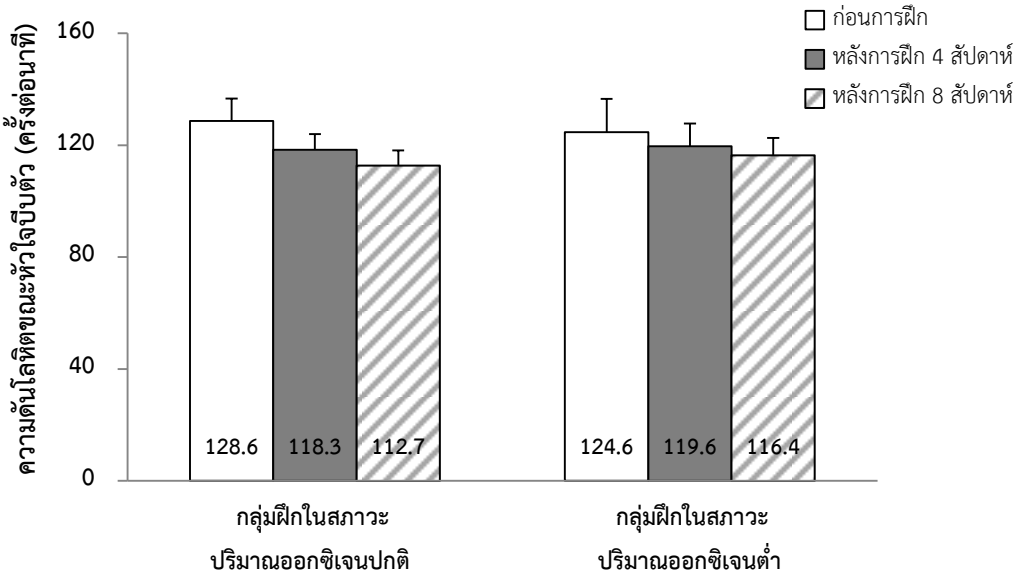
รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีมวลกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



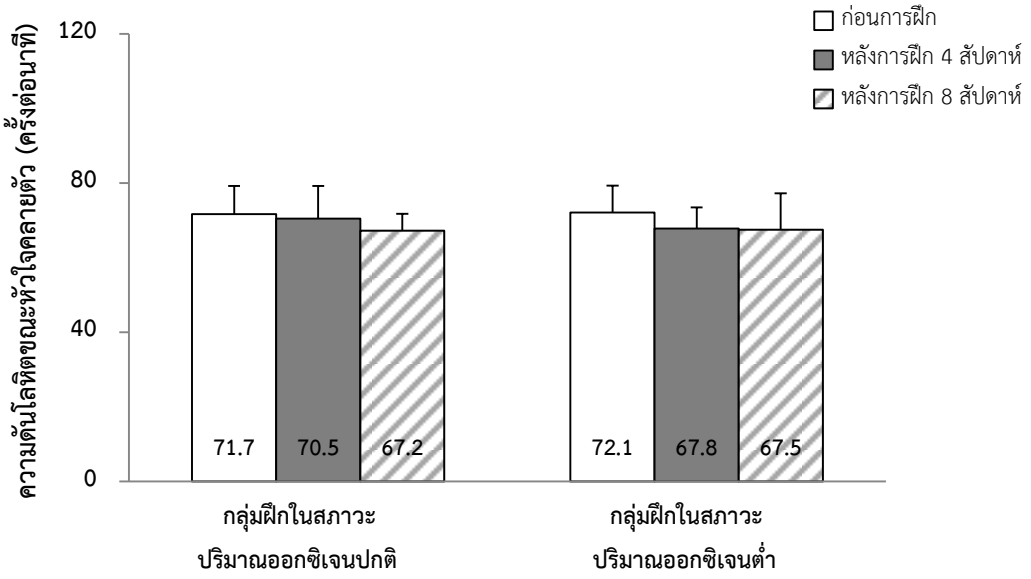
รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของไขมันของร่างกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก

ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)**	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)**
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	52.1±1.9	51.8±1.3
จุดกั้นแอนแอโรบิก (มล./กก./นาที)	26.6±2.8	26.4±2.9
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	181.4±5.8	182.1±4.8
เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์)	90.5±2.7	91.2±2.4
ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (เมตร)	1134±314	1109±297

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกทุกค่า ได้แก่ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดกั้นแอนแอโรบิก อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก ของนักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำก่อนเริ่มการฝึกไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

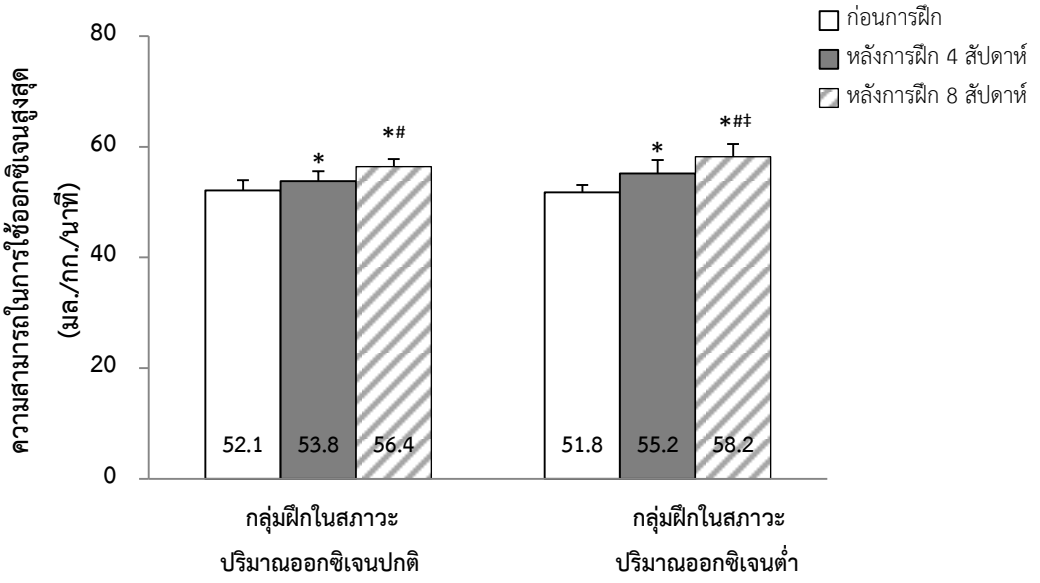
ตัวแปรสมรรถภาพทางแอโรบิก	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)**			**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)**			**Two-way ANOVA (p-value)**
	ก่อนการฝึก	**หลังการฝึก 4 สัปดาห์**	**หลังการฝึก 8 สัปดาห์**	**ก่อนการฝึก**	**หลังการฝึก 4 สัปดาห์**	**หลังการฝึก 8 สัปดาห์**	
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	52.1±1.9	53.8±1.8*	56.4±1.4*#	51.8±1.3	55.2±2.4*	58.2±2.3*#‡	0.003
จุดกั้นแอนแอโรบิก (มล./กก./นาที)	26.6±2.8	29.6±2.2*	34.1±3.1*#	26.4±2.9	32.4±1.8*†	38.71.8*#‡	0.001
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	181.4±5.8	184.8±5.1*	187.4±4.6*#	182.1±4.8	187.1±5.4*	192.4±7.1*#‡	0.002
เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์)	90.5±2.7	92.9±2.4	94.8±1.3	91.2±2.4	93.5±2.7	95.1±2.1	0.810
ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วง (เมตร)	1134 ±314	1257 ±287*	1333 ±296*#	1109 ±297	1348 ±279*	1454 ±274*#‡	0.001

*$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก #$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

†$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 4 สัปดาห์ ‡$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จากตารางที่ 4 และรูปที่ 10-14 แสดงให้เห็นว่า นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดกั้นแอนแอโรบิก อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของจุดกั้นแอนแอโรบิกมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

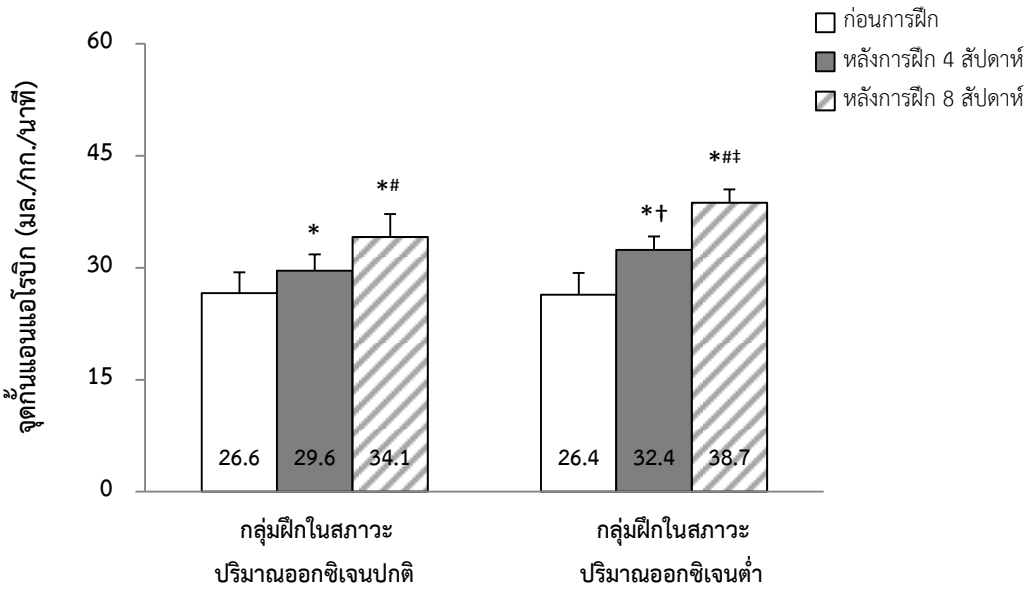


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

Chulalongkorn University

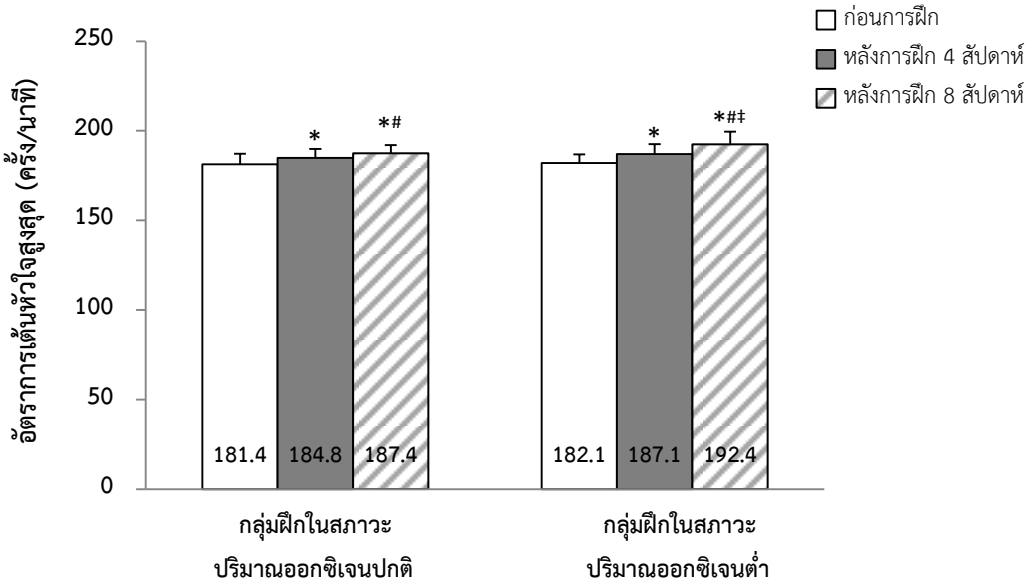


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 4 สัปดาห์ ‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของจุดกั้นแอนแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

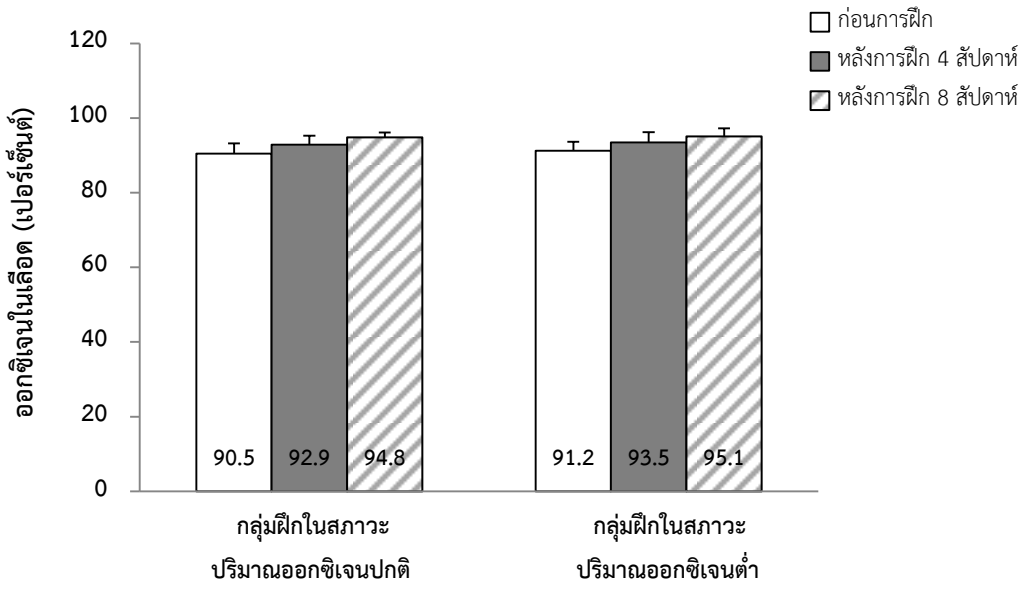


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

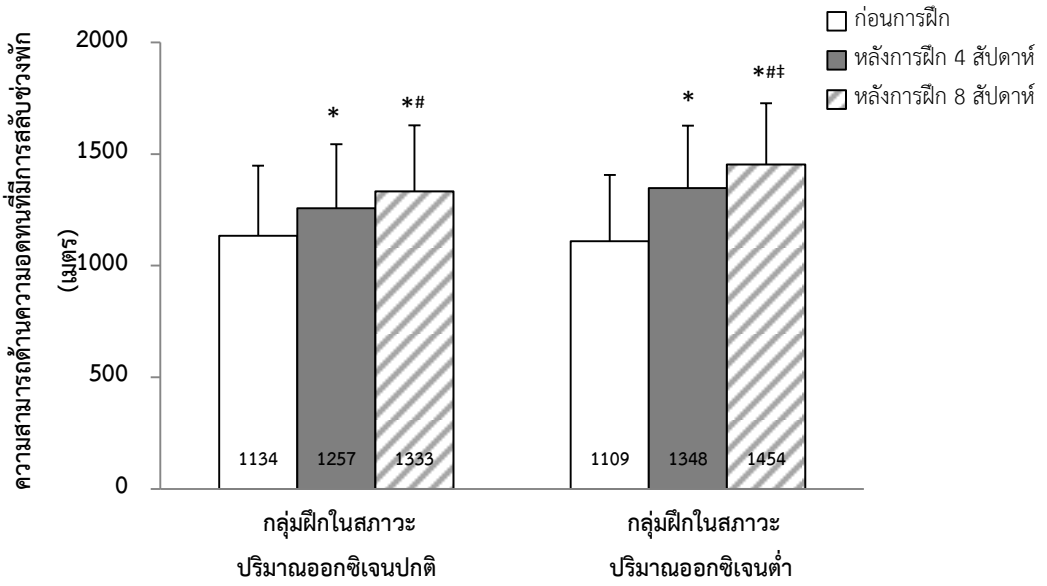
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



p>0.05

รูปที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 14 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ ช่วงก่อนการฝึก

ตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้า	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)**	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)**
การทดสอบแบบวิ่งไปกลับที่มีการสลับช่วงพักแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough intermittent shuttle test)		
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.9±4.6	76.4±5.3
อัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาที (ครั้ง/นาที)	178.2±3.6	176.3±3.2
อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้า (ครั้ง/นาที)	180.4±5.1	181.1±4.1
แลคเตทในเลือดก่อนการวิ่ง (มิลลิโมล/ลิตร)	1.3±0.1	1.31±0.1
แลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที (มิลลิโมล/ลิตร)	6.5±1.5	6.3±1.4
แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า (มิลลิโมล/ลิตร)	8.7±1.4	8.7±1.7
การทดสอบการส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test)		
เวลาที่ทำได้ (วินาที)	58.1±2.1	57.1±3.1
เวลาที่ถูกปรับโทษ (วินาที)	3.8±3.2	5.2±3.1
เวลาที่แสดงถึงความสามารถ (วินาที)	60.6±4.6	60.2±4.4

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรด้านความอดทนต่อการเมื่อยล้าทุกค่า ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก อัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาที อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้า แลคเตทในเลือดขณะพัก แลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า เวลาที่ทำได้จากการทดสอบส่งบอล เวลาที่ถูกปรับโทษ และเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำก่อนเริ่มการฝึกก่อนเริ่มการฝึกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

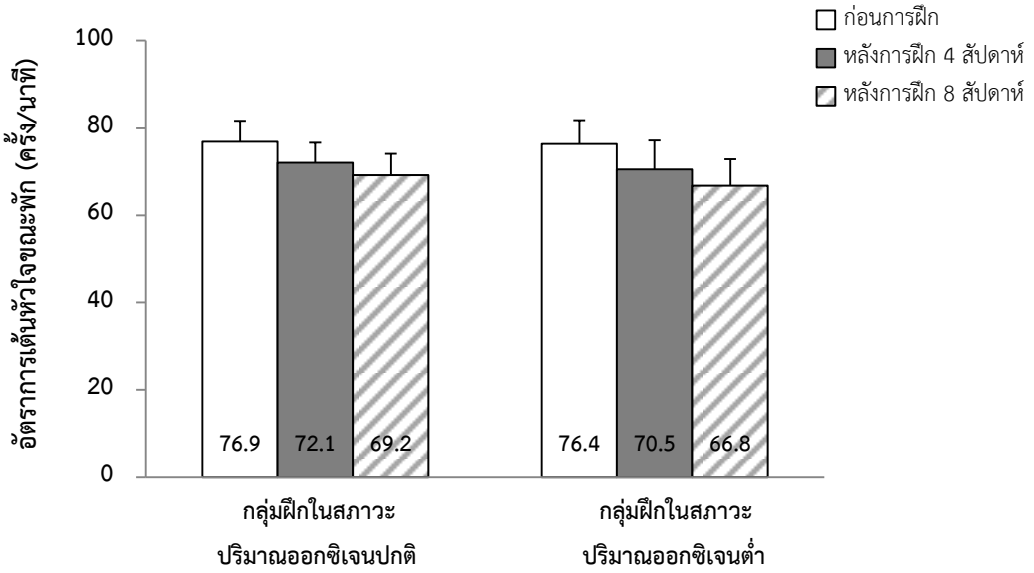
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

ตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้า	**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (n = 15)**			**กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (n = 15)**			**Two-way ANOVA (p-value)**
	ก่อนการฝึก	**หลังการฝึก 4 สัปดาห์**	**หลังการฝึก 8 สัปดาห์**	**ก่อนการฝึก**	**หลังการฝึก 4 สัปดาห์**	**หลังการฝึก 8 สัปดาห์**	
การทดสอบแบบวิ่งไปกลับที่มีการสลับช่วงพักแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough intermittent shuttle test)							
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.9±4.6	72.1±4.6	69.2±4.9	76.4±5.3	70.5±6.7	66.8±6.1	0.553
อัตราการเต้นหัวใจที่ที่เวลา 75 นาที (ครั้ง/นาที)	178.2±3.6	174.4±2.9*	172..1±4.3*#	176.3±3.2	170.6±5.2*†	167.2±5.1*#‡	0.028
อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้า (ครั้ง/นาที)	180.4±5.1	183.4±4.3*	185.9±3.9*#	181.1±4.1	185.1±4.9*	190.2±6.7*#‡	0.008
แลคเตทในเลือดก่อนการวิ่ง (มิลลิโมล/ลิตร)	1.3±0.1	1.3±0.1	1.2±0.1	1.3±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1	1.00
แลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที (มิลลิโมล/ลิตร)	6.5±1.5	5.1±1.2*	3.9±0.5*#	6.3±1.4	5.1±0.8*	2.9±0.2*#‡	0.003
แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า (มิลลิโมล/ลิตร)	8.7±1.4	8.2±1.6*	7.6±1.4*#	8.7±1.7	7.8±1.8*	6.1±1.3*#‡	0.001
การทดสอบการส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test)							
เวลาที่ทำได้ (วินาที)	58.1±2.1	53.8±1.6*	49.8±3.6*#	57.1±3.1	49.7±3.9*	49.9±4.7*	0.024
เวลาที่ถูกปรับโทษ (วินาที)	3.8±3.2	0.5±3.7	0.1±3.6	5.2±3.1	0.7±2.6*	-4.1±4.1*#‡	0.001
เวลาที่แสดงถึงความสามารถ (วินาที)	60.6±4.6	55.1±5.4*	49.4±2.7*#	60.2±4.4	50.3±5.1*	45.1±2.8*#‡	0.024

*$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก #$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

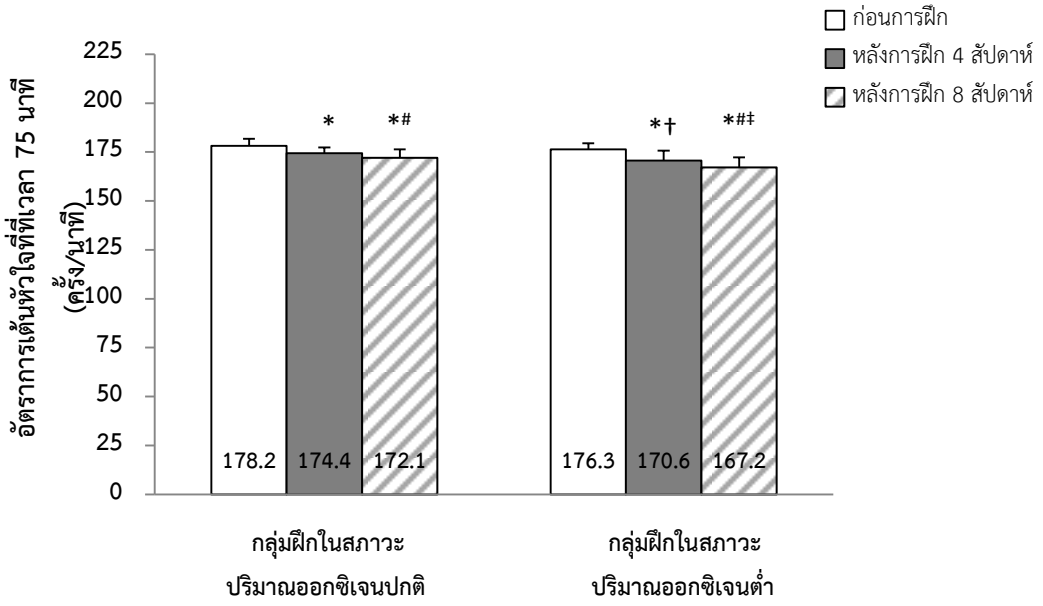
†$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 4 สัปดาห์ ‡$p<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จากตารางที่ 6 และรูปที่ 15-23 แสดงให้เห็นว่า จากการทดสอบตามแบบลาฟเบอโรวฟ์ นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่า อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและแลคเตทในเลือดขณะพักมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า และเวลาที่แสดงถึงความสามารถจากการทดสอบส่งบอลมีค่าเฉลี่ยลดลงที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งสองกลุ่ม เวลาที่ทำได้จากการทดสอบส่งบอลของกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าเฉลี่ยลดลงภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เวลาที่ทำได้จากการทดสอบส่งบอลของกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยลดลงที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เวลาที่ถูกปรับโทษจากการทดสอบส่งบอลของกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เวลาที่ถูกปรับโทษจากการทดสอบส่งบอลของกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก แลคเตทในเลือดขณะพัก ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้ามากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ที่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในที่เลือดที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า เวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลน้อยกว่ากว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



รูปที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

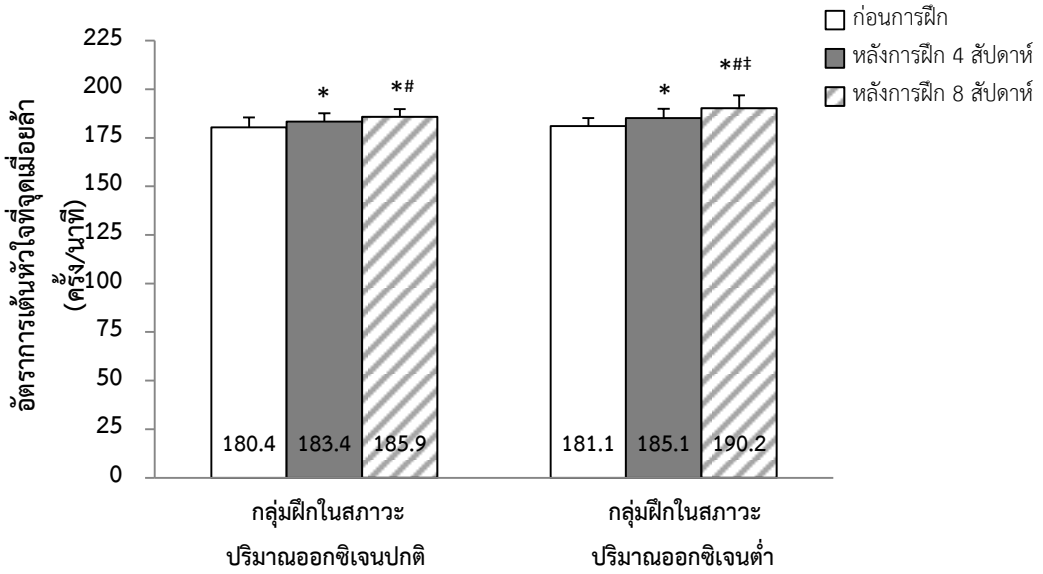


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 4 สัปดาห์ ‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

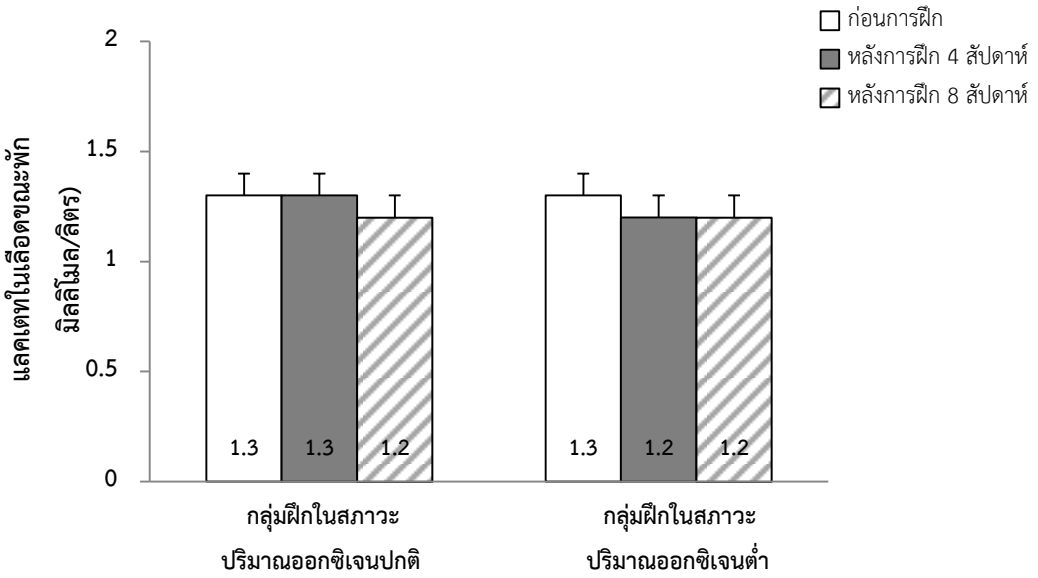
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

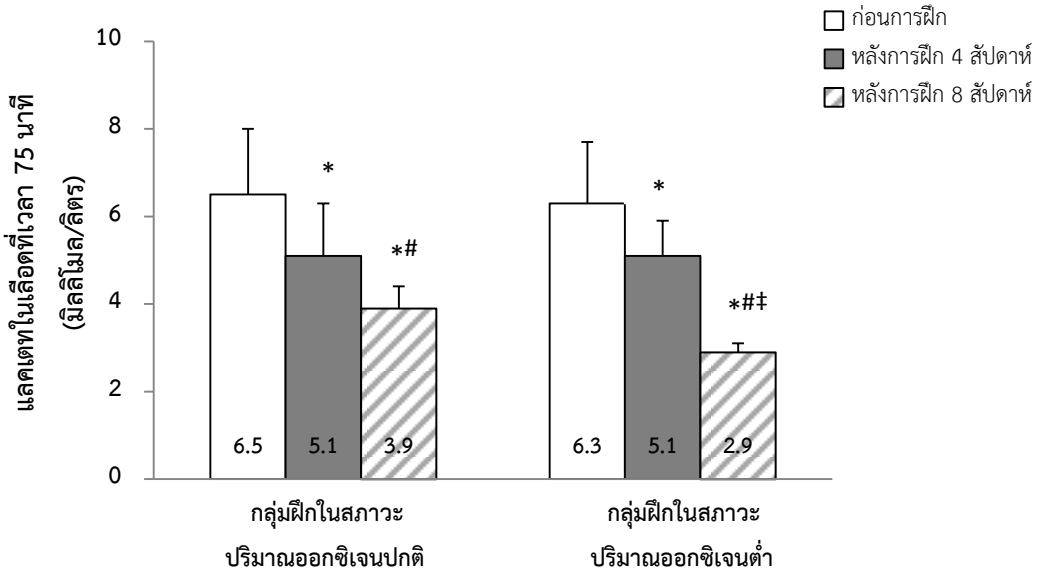
‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



รูปที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดขณะพักของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

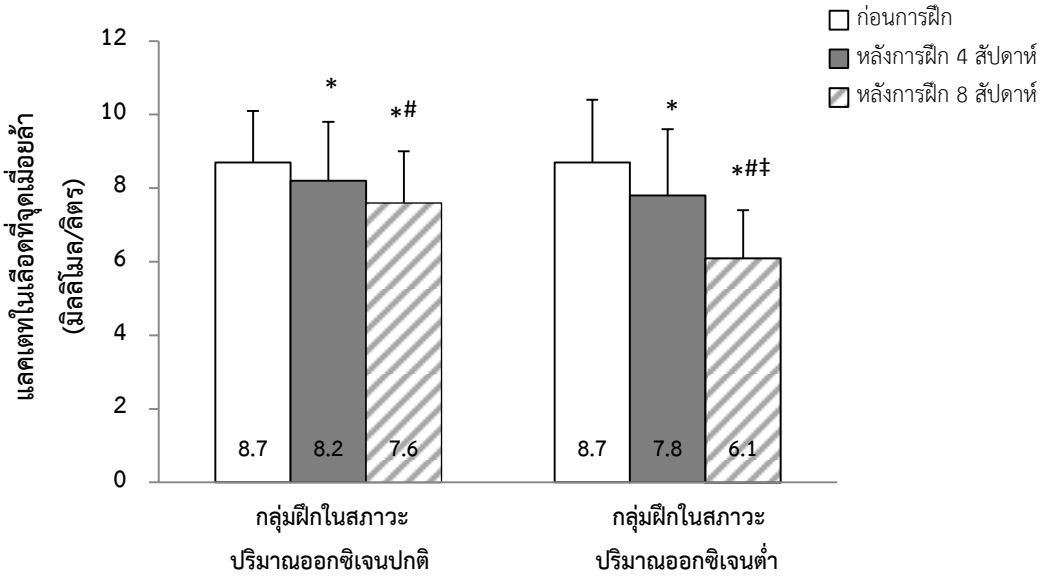


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาทีของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

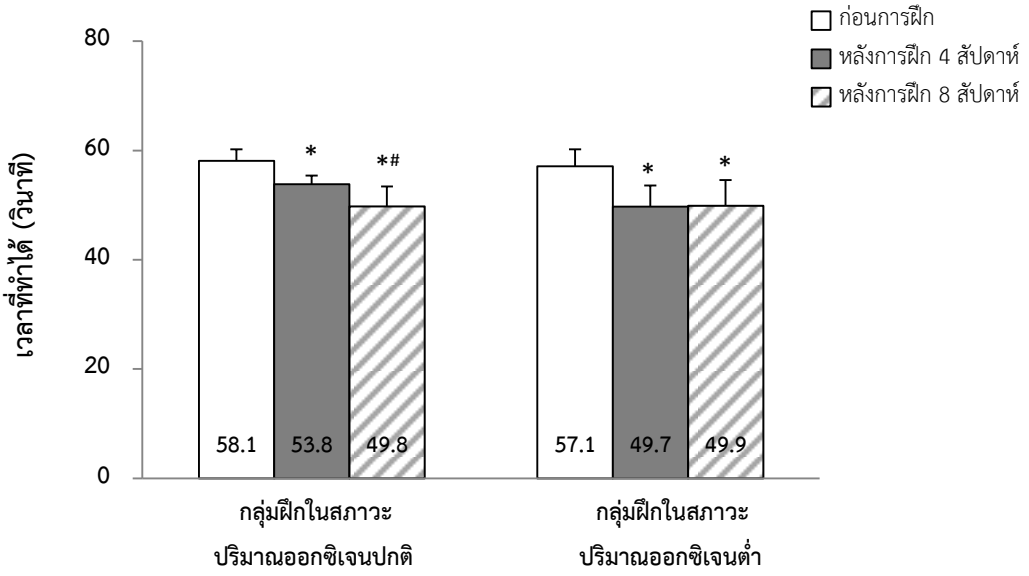
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

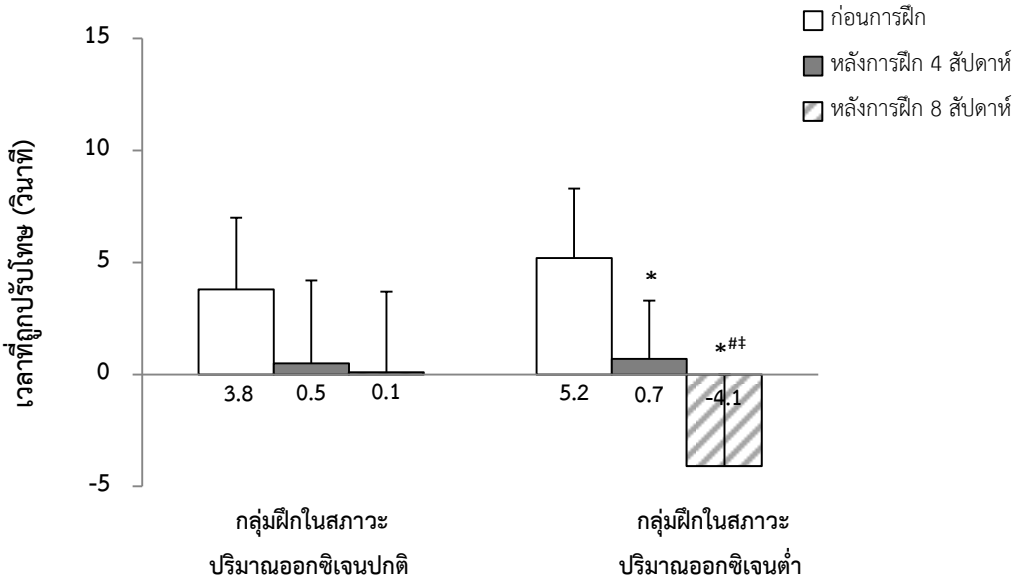
รูปที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

รูปที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่ทำได้ของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

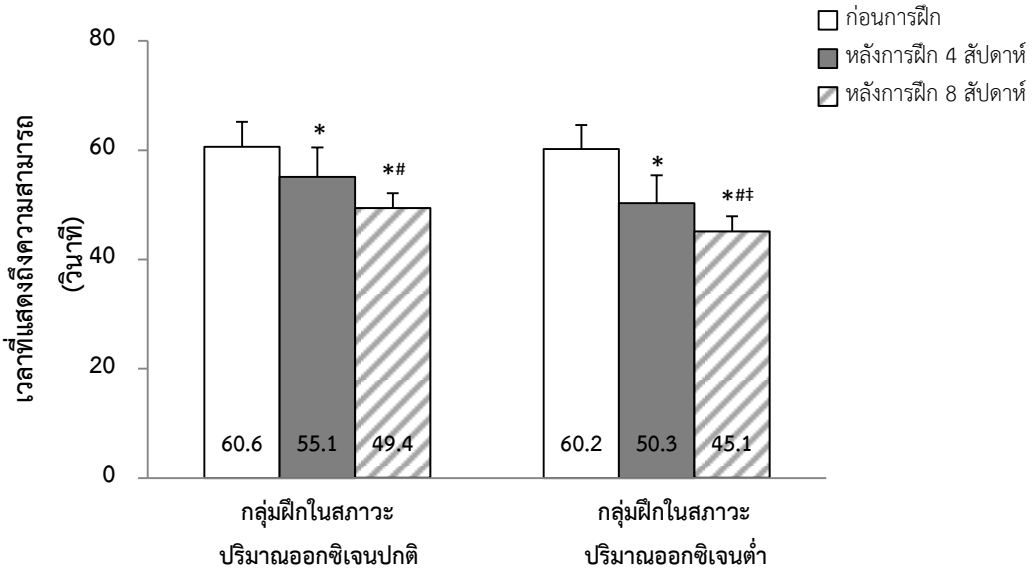


* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่ถูกปรับโทษของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับก่อนการฝึก # p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มกับหลังการฝึก 4 สัปดาห์

‡ p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

รูปที่ 23 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของเวลาที่แสดงถึงความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนชาย โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร อายุระหว่าง 15-16 ปี จำนวน 32 คน นักกีฬาฟุตบอลที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) ต้องไม่มีประวัติของอาการหรือเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคปอด ภูมิแพ้ ไตวาย ตัวเขียว (Cyanosis) ไม่เคยมีประสบการณ์การฝึกในที่สูงหรืออาศัยอยู่ในที่สูงในช่วง 6 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ไม่มีอาการและอาการแสดงของโรคเกี่ยวกับการเจ็บป่วยฉับพลันจากความสูง มีประวัติการฝึกต่อเนื่องมานานอย่างน้อย 2 ปี โดยทำการฝึกอย่างน้อยวันละ 60 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน และผลการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าไม่น้อยกว่า 50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดตามแบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test) นำมาจัดเรียงลำดับ 1–32 แล้วสุ่มเข้ากลุ่มแบบจับคู่ (Matching group) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน แล้วจับฉลากเพื่อกำหนดเป็นกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองสภาวะ ได้แก่ กลุ่มควบคุม จำนวน 16 คน ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) และกลุ่มทดลอง จำนวน 16 คน ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) โปรแกรมการฝึกเป็นการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สลับด้วยความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 3 นาที ฝึกจำนวน 4-5 เซ็ต เป็นเวลา 38-45 นาที ต่อวัน จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป (General physiological data) ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และความดันโลหิต โดยวัดค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งขณะพัก ทำการทดสอบตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness) ได้แก่ ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (Intermittent endurance performance) ทดสอบด้วยแบบทดสอบโยโย่

(Yo-Yo intermittent recovery test level 1) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption: VO_2max) และจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold: AT) โดยใส่เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analysis device) ขณะวิ่งทดสอบบนลู่กลไฟฟ้า ด้วยแบบทดสอบแรมพ์ (Ramp treadmill test) ทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และทำการทดสอบตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้า (Tolerance to fatigue) ได้แก่ ความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability: SPA) ทดสอบด้วยแบบทดสอบการส่งบอลลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing) โดยทำให้เกิดความเมื่อยล้าด้วยการวิ่งตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ (The loughborough intermittent shuttle test) (Nicholas et al., 2000) ก่อนทำการทดสอบความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability : SPA) ตามแบบทดสอบส่งบอลลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test) (Ali et al., 2007) และทำการวัดปริมาณของแลคเตทในเลือด โดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือ จำนวน 3 ครั้ง (ขณะพัก, หลังการวิ่งตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ช่วงที่ 1 และหลังการวิ่งตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ช่วงที่ 2) การฝึกตลอดโครงการวิจัยระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ข้างต้น รวม 3 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มการฝึกที่ 0 สัปดาห์ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way ANOVA with repeated measures) แบบ 2 x 3 (หมายถึง กลุ่ม x ช่วงเวลาที่วัดตัวแปร ใน 3 ช่วงเวลา คือ ก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัว เปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

1. ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป มีดังนี้

1.1 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีน้ำหนักไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.2 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีส่วนสูงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.3 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกใน

สภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีดัชนีมวลกายไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.4 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีไขมันของร่างกายไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.5 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.6 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

1.7 นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวตัวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

2. ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน มีดังนี้

2.1 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2 จุดกั้นแอนแอโรบิก เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของจุดกั้นแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมค่าเฉลี่ยของจุดกั้นแอนแอโรบิกมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3 อัตราการเต้นหัวใจสูงสุดสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.4 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม

2.5 ความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน มีดังนี้

3.1 อัตราการเต้นหัวใจ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8

สัปดาห์ กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้ามากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 แลคเตทในเลือด เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดขณะพักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาทีและแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดขณะพักไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาทีและแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ความสามารถในการส่งบอล เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ทำได้และเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกปรับโทษลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เฉพาะกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ สำหรับกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกปรับโทษลดลงไม่แตกต่างนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ทำได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนทั้งกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ส่วนไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความดันโลหิตขณะห้วใจบีบตัวมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะระยะเวลาของการฝึกจำนวน 8 สัปดาห์ยังไม่นานพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับงานวิจัยของเรลส์และคณะ (B. a. Roels et al., 2005) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถในการปั่นจักรยาน กำหนดวิธีการฝึกให้มีการฝึกสลับระหว่างสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติกับสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำภายในช่วงการฝึกเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยานที่ได้รับการฝึกมาอย่างดี อายุ 25.9±2.7 ปีจำนวน 33 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม 1 ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (PiO_2=100 mmHg) กลุ่ม 2 ฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (อบอุ่นร่างกาย คลายอุ่นร่างกาย และพักฟื้นในแต่ละช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสลับช่วงการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ) กลุ่ม 3 ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ Normoxia (PiO_2=160 mmHg) ความหนักของการปั่นกำหนดที่ 90-100 เปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุด (Peak power output) รวมเวลา 7 สัปดาห์ การฝึกสลับช่วงแต่ละครั้งทำในห้องแลปทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำหรือสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ พบว่า มวลร่างกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามผลของการศึกษาวิจัยนี้แตกต่างจากงานวิจัยของเฮลเจอรัดและคณะ (Helgerud et al., 2007) ซึ่งได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงแบบแอโรบิกที่ใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์เหมือนกัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นชายที่มีสุขภาพดี อายุ 24.6±3.8 ปี จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่ม 1 วิ่งต่อเนื่องช้าระยะไกล (Long slow distance) ฝึกที่ความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด กลุ่ม 2 วิ่งที่จุดกั้นแลคเตท (Lactate threshold) ฝึกที่ความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด กลุ่ม 3 วิ่งสลับช่วง 15/15 (15/15 Interval training) ฝึกที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับเบาที่ 70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และกลุ่ม 4 วิ่งสลับช่วง 4x4 นาที (4 x 4 min of Interval training) ฝึกที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับเบาที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์ และพบว่า เฉพาะกลุ่มฝึกแบบวิ่งต่อเนื่องช้า

ระยะไกล(Long slow distance) ที่มวลร่างกายลดลงหลังฝึก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจเป็นเพราะโปรแกรมของการฝึกมีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้

ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีผลเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดกั้นแอนแอโรบิก อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ซึ่งเป็นดัชนีหลักที่บ่งบอกสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาและเป็นตัวสะท้อนความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดสูงสุดของ 4 ระบบหลักของร่างกาย อันได้แก่ ระบบหัวใจ ระบบหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต และระบบกล้ามเนื้อ เมื่อค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพิ่มขึ้น จึงบ่งชี้ถึงสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งบังสโบและคณะ (Bangsbo et al., 2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยในนักกีฬาฟุตบอล พบว่า นักกีฬาฟุตบอลที่มีสมรรถภาพทางแอโรบิกในระดับที่สูงกว่าจะสามารถเพิ่มระยะทางที่ทำได้มากกว่าในระหว่างเกมการแข่งขัน การพัฒนาของความสามารถด้านความอดทนที่เพิ่มขึ้นนี้สอดคล้องกับผลของการทดสอบโยโย่ของงานวิจัยนี้ พบว่าการทดสอบโยโย่ซึ่งเป็นการทดสอบที่ประเมินระบบการใช้พลังงานแบบแอโรบิก (Bangsbo et al., 2008) ชี้ให้เห็นว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกและส่งผลต่อการเพิ่มความอดทนแบบสลับช่วงพักของกีฬาประเภททีมที่มีการปฏิบัติกิจกรรมแบบหนักสลับเบา ดังเช่นกีฬาฟุตบอลได้เป็นผลดี เพราะนักกีฬาที่มีสมรรถภาพทางแอโรบิกที่สูงจะส่งผลต่อความอดทนที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักได้อย่างต่อเนื่องยาวนานมากขึ้น เนื่องจากร่างกายสามารถฟื้นคืนสู่สภาวะปกติได้รวดเร็วยิ่งขึ้น (T Reilly, 1997) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลได้อาจเป็นเพราะ ความหนักของการฝึกแบบสลับช่วงมีผลในการเพิ่มขึ้นของไมโตรคอนเดรียลมาร์คเกอร์ในกล้ามเนื้อลาย (Mitochondrial markers for skeletal muscle) ทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาของไมโตคอนเดรียล ไบโอเจเนซิส (Mitochondria biogene: bl) ของกล้ามเนื้อลายในการเผาผลาญพลังงาน (Little et al., 2011) ซึ่งต้องการออกซิเจนจำนวนมากในการเผาผลาญพลังงานส่งผลทำให้มีการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (Talanian, Galloway, Heigenhauser, Bonen, & Spriet, 2007)

และจากผลการศึกษาวิจัยนี้ยังพบว่า ภายหลังการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยาศปกติในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน มีผลเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ทั้งความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดกั้นแอนแอโรบิก อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะจุดกั้นแอนแอโรบิกพบว่าเพิ่มมากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ อาจเป็นเพราะการฝึกที่มีความหนักระดับสูงอย่างต่อเนื่องระยะยาวในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำจะทำให้ค่าของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (Cardiac output) เพิ่มสูงยิ่งขึ้น ส่งผลทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเพิ่มขึ้น (Dempsey et al., 1977) นอกจากนี้ผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพทางแอโรบิกและความสามารถด้านความอดทนเกิดจากการปรับเปลี่ยนภายในระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจจะไม่ค่อยพบหรือพบในระดับน้อยจากการฝึกภายในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (Milosz Czuba et al., 2011; Dufour et al., 2006; Zoll et al., 2006) แต่ขณะทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำพบว่ามีการปรับตัวเพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ทั้งการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อลาย อัตราเส้นใยของหลอดเลือดฝอยและพื้นที่ตัดขวางของเส้นใย (Desplanches et al., 1993; Vogt et al., 2001) ส่งผลทำให้สามารถรับส่งออกซิเจนในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้กระบวนการสร้างพลังงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำทั้งการเพิ่มความหนาแน่นของไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อลาย อัตราเส้นใยของหลอดเลือดฝอยและพื้นที่ตัดขวางของเส้นใย ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของโปรตีนเอชไอเอฟวัน (Hypoxia inducible factor-1: HIF-1) ซึ่งเป็นตัวควบคุมสภาวะสมดุลของออกซิเจนในร่างกายและตอบสนองต่อระบบหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะฝึกภายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Semenza, 2006) โดยโปรตีนเอชไอเอฟวัน (HIF-1) จะกระตุ้นร่างกายให้มีการเพิ่มความหนาแน่นของไมโตคอนเดรียและหลอดเลือดฝอยเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับออกซิเจนได้มากขึ้นขณะฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำนั้น (Vogt et al., 2001; Zoll et al., 2006) นอกจากนี้การฝึกนักกีฬาโดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำยังทำให้มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของออกซิเดทีฟเอนไซม์ (oxidative enzymes) และความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Green et al., 1999; Melissa et al., 1997; Terrados et al., 1990) และได้พบว่าการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดปัจจัยหลักที่สำคัญของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำก็คือ ความหนักของการฝึกและปริมาณโดยรวมของการฝึกในแต่ละครั้ง (Bonetti & Hopkins, 2009) สอดคล้องกับหลาย

งานวิจัย (Milosz Czuba et al., 2011; Morton & Cable, 2005; Truijens et al., 2003) ซึ่งพบว่าโปรแกรมการฝึกจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางแอโรบิกเมื่อความหนักระหว่างการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแต่ละครั้งมีค่าต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ที่ระดับน้ำทะเล (Truijens et al., 2003) ซึ่งเทียบเคียงได้กับงานวิจัยนี้ที่โปรแกรมฝึกช่วงความหนักสูงอยู่ที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เฮนดริกสันและมิวเซน (Hendriksen & Meeuwsen, 2003) ได้ทำการฝึกนักไตรกีฬาในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความหนักของการฝึก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง และพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ไม่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยของทรุยเจนส์และคณะ (Truijens et al., 2003) พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และความสามารถทางกีฬาของนักว่ายน้ำจะไม่เพิ่มขึ้นหากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีระยะเวลาของการฝึกแบบสลับช่วงที่สั้นเกินไป (30-60 วินาที) เช่นเดียวกับการฝึกความอดทนในนักกีฬาโดยฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำระยะเวลา 2 นาทีสลับด้วยการออกกำลังกายต่อเนื่องที่ความหนักระดับต่ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพิ่มเพียงกำลังสูงสุด (Peak power) แต่ไม่เพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (B. Roels, Bentley, Coste, Mercier, & Millet, 2007) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะเป็นผลต่อเมื่อทำการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำนานครั้งละ 2-12 นาที (B. a. Roels et al., 2005) ชี้ให้เห็นว่าการกำหนดโปรแกรมการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักกีฬา ซึ่งควรออกแบบโปรแกรมอย่างเหมาะสม

หลายงานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงผลของการฝึกแบบสลับช่วงทั้งฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพทางแอโรบิก โดยเฉพาะการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกได้มากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ อย่างไรก็ตามผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความสามารถที่แสดงออกด้านความอดทนยังคงมีความขัดแย้งกัน มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งรายงานผลที่เพิ่มขึ้นของความสามารถที่แสดงออกด้านความอดทนที่ระดับน้ำทะเลหลังจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ(Milosz Czuba et al., 2011; Miłosz Czuba et al., 2013; Green et al., 1999; Melissa et al., 1997; Robertson et al., 2010; Terrados et al., 1990; Zoll et al., 2006) ขณะที่งานวิจัยจำนวนหนึ่งยังไม่พบการเพิ่มขึ้นของความสามารถที่ระดับน้ำทะเลหลังการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ(Morton & Cable, 2005; B. Roels et al., 2007; Truijens et al., 2003; Ventura et al., 2003) ผลที่ขัดแย้งกันของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำดังกล่าวอาจเกิดจากหลายปัจจัยที่แตกต่างกัน อันได้แก่ รูปแบบการฝึก วิธีการฝึก ระยะเวลาการฝึก (ต่อครั้ง

ต่อสัปดาห์และระยะเวลารวมทั้งหมด) ความหนักของการฝึก ความหนักของการกระตุ้นด้วยสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ระดับความสามารถของนักกีฬากลุ่มตัวอย่าง ตลอดจน อายุ ประสบการณ์ในการฝึกที่แตกต่างของนักกีฬากลุ่มตัวอย่าง รวมถึงความสามารถในการตอบสนองของร่างกายในแต่ละคนที่มีต่อสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำนั้น

ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อตัวแปรด้านความทนต่อการเมื่อยล้า

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีผลเพิ่มความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เห็นได้จากแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ ความเมื่อยล้านี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ถูกบ่งชี้ว่าทำให้ความสามารถ (Performance) ของนักกีฬาลดลงระหว่างเกมการแข่งขันที่มีความต่อเนื่อง รวมถึงการออกกำลังกายที่มีความหนักสลับเป็นช่วง ๆ (Intermittent exercise) (Andersson et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008; M Mohr et al., 2002; T Reilly, 1997) แม้งานวิจัยที่ผ่านมายังไม่สามารถสรุปผลที่ชัดเจนได้ว่าความเมื่อยล้าเกิดจากสาเหตุใด แต่สันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน (Bangsbo, 1994) อันได้แก่ การเปลี่ยนระบบการใช้พลังงานของร่างกาย ความเครียดเนื่องจากความร้อน (Nielsen, 1994) ไกลโคเจนซึ่งเป็นพลังงานที่เก็บสำรองภายในเส้นใยกล้ามเนื้อลดหรือหมดลง (Bangsbo, 1994; Bangsbo, Nørregaard, & Thorsøe, 1992) หรือมีการสะสมของแลคเตทในกล้ามเนื้อทำให้ค่าความเป็นความเป็นกรดด่าง (pH) ภายในกล้ามเนื้อลดลง (Bangsbo, Iaia, & Krustrup, 2007) ดังนั้นหากต้องการลดความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องทำให้ร่างกายมีการสำรองไกลโคเจนขึ้นมาใหม่และป้องกันการลดลงของความเป็นกรดด่าง (pH) ภายในกล้ามเนื้อ (Bangsbo, 1994; D. Tomlin & Wenger, 2002) งานวิจัยก่อนหน้าพบว่า การมีสมรรถภาพทางแอโรบิกที่สูงจะช่วยการฟื้นคืนร่างกายระหว่างการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่มีความหนักระดับสูงขณะแข่งขันและฝึกซ้อม ดังเช่นในกีฬาฟุตบอลได้ ตลอดจนช่วยเพิ่มความสามารถในการนำส่งออกซิเจนปริมาณสูงไปสู่ระบบการสร้างพลังงานของร่างกาย ทำให้การเป็นหนี้จากระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนนลดน้อยลง และส่งผลต่อการลดความเมื่อยล้าผ่านกระบวนการสำรองไกลโคเจนและป้องกันการลดความเป็นกรดด่างภายในกล้ามเนื้อ (Bangsbo, 1994; D. Tomlin & Wenger, 2002) สามารถกำจัดและบัฟเฟอร์สารที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้า เช่น แลคเตทให้หมดไปจากกล้ามเนื้อ (Hamilton et al., 1991; McMahon & Wenger, 1998) สอดคล้องกับงานวิจัยของทอมลินและเวกเนอร์ (D. Tomlin & Wenger, 2002) ซึ่งได้อธิบายถึงความสำคัญของการไหลเวียนเลือดและการสำรองไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อ ชี้ให้เห็นว่าหากการไหลเวียนเลือดและการสำรองไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อบกพร่องหรือในกีฬาที่นักกีฬามี

ช่วงเวลาพักที่สั้นมาก (น้อยกว่า 30 วินาที) ร่างกายจะไม่สามารถสำรองพลังงานเอทีพี-พีซี (ATP-PC stores) ได้อย่างพอเพียง ในขณะที่การปฏิบัติกิจกรรมทางกายยังคงดำเนินต่อไป ดังนั้นพลังงานเอทีพี-พีซีที่สำรองจะหมดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติกแอนแอโรบิก (Anaerobic glycolytic system) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับแลคเตทเกิดการสะสมนำไปสู่ความเมื่อยล้าในที่สุด ผลของความเมื่อยล้าที่มีต่อตัวแปรทางสภาวะของร่างกาย มีหลายงานวิจัยได้แสดงผลของความเมื่อยล้าพบว่า หลังจากเกิดความเมื่อยล้ากลไกของคลื่นไฟฟ้าภายในกล้ามเนื้อจะลดลงทำให้ความสามารถสูงสุดในการงอและเหยียดของข้อต่อที่หัวเข่าจะลดลงด้วย (Drust et al., 2000; Rahnama et al., 2002) ซึ่งจะมีผลทำให้ความสามารถในการส่งบอลมีจำนวนของความผิดพลาด (error) เพิ่มมากขึ้น ความเร็วในการเตะบอลลดลง (Kellis et al., 2006) รวมถึงทักษะของการส่งบอล การเลี้ยงบอล และการยิงประตูที่ลดลงด้วย ดังนั้นการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่สามารถเพิ่มความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้นั้น จึงน่าจะส่งผลให้ความสามารถทางการเล่นฟุตบอลดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้ที่พบว่าความสามารถในการส่งบอลของนักกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้นจากการทำทดสอบลาฟเบอโรวฟ์

การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำของการศึกษาวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนเพื่อลดความเมื่อยล้า งานวิจัยนี้พบว่าเมื่อทำการทดสอบการวิ่งและการส่งบอลตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์ นักกีฬาฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าปริมาณแลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้าที่ลดลงส่งผลที่ดีต่อเวลาที่ทำได้จากการทดสอบส่งบอลและเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลที่ลดลง ทั้งอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีลดลง อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น ปริมาณแลคเตทที่เวลา 75 นาทีและปริมาณแลคเตทที่จุดเมื่อยล้าลดลง รวมถึงเวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาที่แสดงถึงความสามารถจากการทดสอบส่งบอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยเฉพาะอัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาทีพบว่าลดลงมากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ ทำให้การทดสอบการส่งบอลมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยาศปกติมีผลดีต่อการลดลงของปริมาณแลคเตทในเลือดและการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพของระบบหัวใจมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน แสดงให้เห็นถึงการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถเพิ่มความทนต่อการเมื่อยล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ นักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทนจากระบบใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนสูง เช่นกีฬาฟุตบอล (Bangsbo, 1994) หากได้ทำการฝึกอย่างต่อเนื่องระยะยาวในสภาวะปริมาณ

ออกซิเจนต่ำ จะส่งผลทำให้ค่าของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (Cardiac output) เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลำเลียงและแลกเปลี่ยนออกซิเจนได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (Dempsey et al., 1977) ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมานักวิจัยได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเมื่อยล้า (Fatigue) ที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับการลำเลียงและแลกเปลี่ยนออกซิเจน (Oxygen availability) ของร่างกาย ซึ่งการลำเลียงและแลกเปลี่ยนออกซิเจนของร่างกายที่ดีหรือไม่ดีเป็นผลมาจากสมรรถภาพทางกายหรือสมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic capacity) สำหรับนักกีฬาที่มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Oxygen capacity) สูงจะมีความสามารถของร่างกายในการฟื้นฟูความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นได้ดีกว่านักกีฬาที่มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่ำ (Peterson et al., 2015) ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนนี้ยังสามารถป้องกันการเกิดความเมื่อยล้าได้โดยการกำจัดและบัฟเฟอร์แลคเตทออกจากกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานเป็นการปรับสมดุลสภาวะความเป็นกรดด่างภายในกล้ามเนื้อให้กลับสู่ภาวะปกติได้ดีด้วย (McMahon & Wenger, 1998) สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ภายหลังจากการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำแล้วทำให้มีสมรรถภาพทางแอโรบิกที่สูงขึ้นและมีความทนต่อการเมื่อยล้าที่มากขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของระบบการขนส่งโปรตีน MCT ภายในกล้ามเนื้อ (Monocarboxylate transport system) ซึ่งมีการปรับเพิ่มเพื่อกำจัดปริมาณแลคเตทในกล้ามเนื้อ ทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ภายในกล้ามเนื้อค่อย ๆ ลดลงสู่ภาวะปกติ ส่งผลทำให้นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้ยาวนานยิ่งขึ้น (Christopher John Gore et al., 2007; Zoll et al., 2006) สอดคล้องกับงานวิจัยของซูบาและคณะ (Milosz Czuba et al., 2011) ซึ่งพบว่า ปริมาณงานที่จุดกั้นแลคเตท (Lactate threshold: LT) เพิ่มขึ้นและในณะที่มีการลดลงของแลคเตท ($p<0.05$) ระหว่างปั่นจักรยานแบบไทม์ไทรอัล 20 กิโลเมตร หลังจากการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ทั้งนี้การขนย้ายของแลคเตทและไฮโดรเจนไอออนตลอดจนความสามารถของกล้ามเนื้อลายในการบัฟเฟอร์ไฮโดรเจนไอออนมีความสำคัญในการควบคุมและปรับเปลี่ยนความเป็นกรดด่าง (acid-base status) ภายในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพอันเกิดจากการได้สัมผัสบนที่สูง (Christopher John Gore et al., 2007) งานวิจัยที่ผ่านมามีจำนวนน้อยที่ศึกษาผลของความเมื่อยล้าที่มีต่อความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Helgerud et al., 2001; Lyons, Al-Nakeeb, & Nevill, 2006) มีเพียงงานวิจัยของจาวาฮา (Jawahar, 2012) ซึ่งได้ศึกษาผลของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและการฝึกแบบปรานายามาที่มีต่อความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลระดับอุดมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายระดับปริญญาตรี อายุ 18-21 ปี จำนวน 45 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (วิ่งแบบต่อเนื่อง 30 นาที) กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบปรานายามา (ฝึกแบบคอนเซนตริกควบคุมลมหายใจเข้าออกคล้ายโยคะ) และกลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุมไม่รับการฝึกใด ๆ ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ รวมเวลา 12 สัปดาห์ ทดสอบทักษะการส่งบอลก่อนและหลังการ

ฝึกด้วยแบบทดสอบของมอร์-คริสเตียน (Mor-christian soccer test) เมื่อเปรียบเทียบทักษะการส่งบอลระหว่างกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า ลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีการพัฒนาของความสามารถในการส่งบอลที่ดีกว่ากลุ่มฝึกแบบปรานายามาและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปผลการวิจัยในภาพรวม

การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) และในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) ที่ความดันบรรยากาศปกติ ด้วยวิธีวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์ ประกอบด้วย วิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับวิ่งเหยาะที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สัปดาห์ที่ 1-4 วิ่งด้วยความเร็ว 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาทีและสัปดาห์ที่ 5-8 วิ่งด้วยความเร็ว 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที และวิ่งคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนอายุ 15-16 ปีได้ โดยการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่หลังการฝึก 4 สัปดาห์และคงเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ ส่งผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จุดกั้นแอนแอโรบิก อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพักที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ ยังส่งผลให้มีความทนต่อการเมื่อยล้าและความสามารถในการส่งบอลระยะสั้นที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ทั้งนี้ความเครียดจากการสัมผัสออกซิเจนปริมาณต่ำและความเครียดจากการฝึกจะเป็นประสบการณ์ใหม่ในการได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการฝึกจากการฝึกความอดทนแบบปกติทั่วไปและสามารถพัฒนาความสามารถให้กับนักกีฬาได้เพิ่มมากขึ้น (Wolski et al., 1996) การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติตามโปรแกรมการฝึกของงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะมีประโยชน์สำหรับใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน เพื่อส่งผลต่อการพัฒนาด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าของนักกีฬา อันจะส่งผล

ให้นักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนได้แสดงความสามารถทางทักษะกีฬาได้เต็มศักยภาพและประสบความสำเร็จในการแข่งขันได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติควรมีการดูแลนักกีฬาอย่างใกล้ชิดโดยต้องคอยประเมินเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดเพื่อมิให้นักกีฬาเกิดอันตรายจากการฝึกหรือการทดสอบ

2. การฝึกหรือทดสอบนักกีฬาระดับเยาวชนของงานวิจัยต้องได้รับความร่วมมือจากโค้ชหรือผู้ฝึกสอนให้เข้าร่วมเป็นทีมผู้วิจัยคอยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือ สังเกต ควบคุม และกระตุ้นผู้เข้าร่วมวิจัยขณะเข้าร่วมงานวิจัย จะทำให้นักกีฬามีความตั้งใจและทุ่มเทต่อการฝึกหรือการทดสอบอย่างเต็มความสามารถทุกครั้ง

3. ควรมีการสร้างความคุ้นเคยกับสภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยลงในแต่ละระดับความสูงให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อความปลอดภัยขณะฝึก

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำแบบทดสอบอื่น ๆ เพื่อประเมินตัวแปรต่าง ๆ ภายหลังการฝึกให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. ควรมีการออกแบบกิจกรรมการฝึกตามลักษณะของกิจกรรมการฝึกหรือสอดคล้องกับธรรมชาติของชนิดกีฬาเพื่อให้เป็นผลดีต่อชนิดกีฬานั้น ๆ

3. ควรมีการตรวจวิเคราะห์ค่าสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน เป็นต้น เพื่อประเมินว่าการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (FiO_2=15.3%) มีผลหรือไม่อย่างไรต่อผลจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินดังกล่าว อันจะนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

Ali, A., Williams, C., Hulse, M., Strudwick, A., Reddin, J., Howarth, L., . . . McGregor, S. (2007). Reliability and validity of two tests of soccer skill. *Journal of sports sciences, 25*(13), 1461-1470.

Andersson, H. M., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 40*(2), 372-380.

Apor, P. (1988). Successful formulae for fitness training. *Reilly T, editores*.

Aziz, A., Chia, M., & Teh, K. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 40*(3), 195.

Bangsbo, J. (1994). *Fitness training in football: a scientific approach*: August Krogh Inst., University of Copenhagen.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krustrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 2*(2), 111-127.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports Medicine, 38*(1), 37-51.

Bangsbo, J., & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International journal of sports medicine, 13*(02), 125-132.

Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International journal of sports medicine, 13*(02), 152-157.

Barry, P., & Pollard, A. (2003). Altitude illness. *BMJ: British Medical Journal, 326*(7395), 915.

Bärtsch, P., & Gibbs, J. S. R. (2007). Effect of altitude on the heart and the lungs. *Circulation, 116*(19), 2191-2202.

Billaut, F., Gore, C. J., & Aughey, R. J. (2012). Enhancing team-sport athlete performance. *Sports Medicine, 42*(9), 751-767.

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science and medicine, 6*(1), 63-70.

Bonetti, D. L., & Hopkins, W. G. (2009). Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia. *Sports Medicine, 39*(2), 107-127.

Bonetti, D. L., Hopkins, W. G., & Kilding, A. E. (2006). High-intensity kayak performance after adaptation to intermittent hypoxia. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 1*(3), 246.

Brown, D., Knowlton, R., Sanjabi, P., & Szurgot, B. (1993). Re-examination of the incidence of exercise-induced hypoxaemia in highly trained subjects. *British journal of sports medicine, 27*(3), 167-170.

Clark, J. E. (2010). The use of an 8-week mixed-intensity interval endurance-training program improves the aerobic fitness of female soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(7), 1773-1781.

Czuba, M., Waskiewicz, Z., Zajac, A., Poprzecki, S., Cholewa, J., & Roczniok, R. (2011). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. *Journal of sports science and medicine, 10*(1), 175-183.

Czuba, M., Zajc, A., Maszaczyk, 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), 103-114.

Dempsey, J., Gledhill, N., Reddan, W., Forster, H., Hanson, P., & Claremont, A. (1977). Pulmonary adaptation to exercise: effects of exercise type and duration, chronic hypoxia and physical training. *Annals of the New York Academy of Sciences, 301*(1), 243-261.

Desplanches, D., Hoppeler, H., Linossier, M., Denis, C., Claassen, H., Dormois, D., . . . Geyssant, A. (1993). Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on

Chulalongkorn University

human muscle ultrastructure. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology, 425*(3), 263-267.

Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of sports sciences, 18*(11), 885-892.

Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., . . . Billat, V. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of applied physiology, 100*(4), 1238-1248.

Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 18*(3), 584-589.

Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European journal of applied physiology, 93*(1-2), 167-172.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods, 39*(2), 175-191.

Federation of International Football Associations. (2014). Soccer Field Dimensions & Markings. Retrieved from https://www.football-bible.com/soccer-info/field-dimensions-markings.html

Galvin, H. M., Cooke, K., Sumners, D. P., Mileva, K. N., & Bowtell, J. L. (2013). Repeated sprint training in normobaric hypoxia. *British journal of sports medicine, 47*(Suppl 1), i74-i79.

GARDNER, B. D. (2009). Does altitude training benefit the sea-level performances of athletes. *Sippy Downs, Australia: University of the Sunshine Coast*.

Gatterer, H., Philippe, M., Menz, V., Mosbach, F., Faulhaber, M., & Burtscher, M. (2014). Shuttle-run sprint training in hypoxia for youth elite soccer players: a pilot study. *J Sports Sci Med, 13*(4), 731-735.

Geiser, J., Vogt, M., Billeter, R., Zuleger, C., Belforti, F., & Hoppeler, H. (2001). Training high-living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude. *International journal of sports medicine, 22*(08), 579-585.

Gore, C. J., Clark, S. A., & Saunders, P. U. (2007). Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure. *Medicine and science in sports and exercise, 39*(9), 1600.

Gore, C. J., Hahn, A. G., Aughey, R. J., Martin, D. T., Ashenden, M., Clark, S. A., . . . McKenna, M. J. (2001). Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta physiologica scandinavica, 173*(3), 275-286.

Green, H., MacDougall, J., Tarnopolsky, M., & Melissa, N. (1999). Downregulation of Na+-K+-ATPase pumps in skeletal muscle with training in normobaric hypoxia. *Journal of applied physiology, 86*(5), 1745-1748.

Hamilton, A., Nevill, M., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: Differences between endurance-trained runners and games players. *Journal of sports sciences, 9*(4), 371-382.

Hamlin, M., Marshall, H., Hellemans, J., Ainslie, P., & Anglem, N. (2010). Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 20*(4), 651-661.

Hawkins, R. D., Hulse, M., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British journal of sports medicine, 35*(1), 43-47.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise, 33*(11), 1925-1931.

Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Bach, R. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO~ 2~ m~ a~ x More Than Moderate Training. *Medicine and science in sports and exercise, 39*(4), 665.

Hendriksen, I. J., & Meeuwsen, T. (2003). The effect of intermittent training in hypobaric hypoxia on sea-level exercise: a cross-over study in humans. *European journal of applied physiology, 88*(4-5), 396-403.

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine, 34*(3), 165-180.

Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British journal of sports medicine, 36*(3), 218-221.

Housh, T. J., & Dwyer, G. B. (1994). Physiology of Exercise For Physical Education, Athletics and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 26*(9), 1186.

Iaia, F. M., Ermanno, R., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 4*(3), 291-306.

Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., . . . Katrabasas, I. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine, 18*(5), 423-431.

Jawahar, C. (2012). Effect of hypoxic training and Pranayama practices on selected biomotor variables and soccer performances among college soccer players.

Katayama, K., Sato, K., Matsuo, H., Ishida, K., Iwasaki, K.-i., & Miyamura, M. (2004). Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes. *European journal of applied physiology, 92*(1-2), 75-83.

Katis, A., & Kellis, E. (2009). Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *Journal of sports science and medicine, 8*(3), 374-380.

Kellis, E., Katis, A., & Vrabas, I. S. (2006). Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 16*(5), 334-344.

Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and science in sports and exercise, 35*(4), 697-705.

Levine, B. D., & Stray-Gundersen, J. (2005). Point: positive effects of intermittent hypoxia (live high: train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. *Journal of applied physiology, 99*(5), 2053-2055.

Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., . . . Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology, 111*(6), 1554-1560.

Lyons, M., Al-Nakeeb, Y., & Nevill, A. (2006). Performance of soccer passing skills under moderate and high-intensity localized muscle fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 20*(1), 197-202.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (1991). Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 23*(12), 1403.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*: Lippincott Williams & Wilkins.

McLean, B. D., Gore, C. J., & Kemp, J. (2014). Application of 'live low-train high'for enhancing normoxic exercise performance in team sport athletes. *Sports Medicine, 44*(9), 1275-1287.

McMahon, S., & Wenger, H. A. (1998). The relationship between aerobic fitness and both power output and subsequent recovery during maximal intermittent exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport, 1*(4), 219-227.

McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *British journal of sports medicine, 39*(5), 273-277.

Melissa, L., MacDOUGALL, J. D., Tarnopolsky, M. A., Cipriano, N., & Green, H. J. (1997). Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. *Medicine and science in sports and exercise, 29*(2), 238-243.

Millet, G. P., Roels, B., Schmitt, L., Woorons, X., & Richalet, J. (2010). Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Medicine, 40*(1), 1-25.

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2002). Seasonal changes in physiological parameters of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc, 36*(5), 24.

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences, 21*(7), 519-528.

Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences, 23*(6), 593-599.

Morcillo, J. A., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., Lozano, E., Ortega-Becerra, M., & Párraga, J. (2015). Relationships between repeated sprint ability, mechanical parameters, and blood metabolites in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(6), 1673-1682.

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

Nakamura, F., Soares-Caldeira, L., Laursen, P., Polito, M., Leme, L., & Buchheit, M. (2009). Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *International journal of sports medicine, 30*(11), 808-813.

Nicholas, C. W., Nuttall, F. E., & Williams, C. (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: a field test that simulates the activity pattern of soccer. *Journal of sports sciences, 18*(2), 97-104.

Nielsen, B. (1994). Heat stress and acclimation. *Ergonomics, 37*(1), 49-58.

Peterson, B. J., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Ziegler, K. S., Ingraham, S. J., Baker, S. E., & Snyder, E. M. (2015). Aerobic capacity is associated with improved repeated shift performance in hockey. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(6), 1465-1472.

Polman, R., Walsh, D., Bloomfield, J., & Nesti, M. (2004). Effective conditioning of female soccer players. *Journal of sports sciences, 22*(2), 191-203.

Porter, D. L., & Goldberg, M. A. (1994). *Physiology of erythropoietin production.* Paper presented at the Seminars in hematology.

Power, S., & Howley, E. T. (2001). Exercise physiology. *Exercise Physiology*.

Rahnama, N., Reilly, T., & Lees, A. (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British journal of sports medicine, 36*(5), 354-359.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of sports sciences, 25*(6), 659-666.

Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences, 15*(3), 257-263.

Reilly, T., Drust, B., & Clarke, N. (2008). Muscle fatigue during football match-play. *Sports Medicine, 38*(5), 357-367.

Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of human movement studies, 2*(2), 87-97.

Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E. L., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 40*(2), 162.

Robertson, E. Y., Saunders, P. U., Pyne, D. B., Gore, C. J., & Anson, J. M. (2010). Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low. *European journal of applied physiology, 110*(2), 379-387.

Roels, B., Bentley, D. J., Coste, O., Mercier, J., & Millet, G. P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European journal of applied physiology, 101*(3), 359-368.

Roels, B. a., Millet, G. P., Marcoux, C., Coste, O., Bentley, D. J., & Candau, R. B. (2005). Effects of hypoxic interval training on cycling performance. *Med Sci Sports Exerc, 37*(1), 138-146.

Semenza, G. L. (2006). Regulation of physiological responses to continuous and intermittent hypoxia by hypoxia-inducible factor 1. *Experimental physiology, 91*(5), 803-806.

Smaros, G. (1980). *Energy usage during a football match.* Paper presented at the Proceedings of the 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine, 35*(6), 501-536.

Stray-Gundersen, J., Chapman, R., & Levine, B. (2002). "Living high– training low" altitude training improves sea level performance in male and female élite runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 12*(1), 60-61.

Talanian, J. L., Galloway, S. D., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology, 102*(4), 1439-1447.

Terrados, N., Jansson, E., Sylven, C., & Kaijser, L. (1990). Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *Journal of applied physiology, 68*(6), 2369-2372.

Thatcher, R., & Batterham, A. (2004). Development and validation of a sport-specific exercise protocol for elite youth soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 44*(1), 15.

Tomlin, D., & Wenger, H. (2002). The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport, 5*(3), 194-203.

Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine, 31*(1), 1-11.

Truijens, M. J., Toussaint, H. M., Dow, J., & Levine, B. D. (2003). Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. *Journal of applied physiology, 94*(2), 733-743.

Ventura, N., Hoppeler, H., Seiler, R., Binggeli, A., Mullis, P., & Vogt, M. (2003). The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *International journal of sports medicine, 24*(03), 166-172.

Vogt, M., Puntschart, A., Geiser, J., Zuleger, C., Billeter, R., & Hoppeler, H. (2001). Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *Journal of applied physiology, 91*(1), 173-182.

West, J. B. (1996). Prediction of barometric pressures at high altitudes with the use of model atmospheres. *Journal of applied physiology, 81*(4), 1850-1854.

Whyte, G. (2006). *The physiology of training*: Elsevier Health Sciences.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Wilber, R. L., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D. (2007). Effect of hypoxic" dose" on physiological responses and sea-level performance. *Medicine and science in sports and exercise, 39*(9), 1590-1599.

Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1988). *Training for sport and activity: The physiological basis of the conditioning process*: Brown & Benchmark.

Wisloeff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and science in sports and exercise, 30*, 462-467.

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine, 38*(3), 285-288.

Wolski, L. A., McKenzie, D., & Wenger, H. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance. *Sports Medicine, 22*(4), 251-263.

Wortman, M. D. (2012). *Training variables of the live low-train high training model: a meta-analysis.*

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

ภาษาไทย

กรมพลศึกษา. (2555). คู่มือผู้ฝึกสอนกีฬาฟุตบอล T-Certificate. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ชลัช ภิรมย์. (2539). ฟุตบอลสมัยใหม่ “การฝึกและการจัดการ”. วิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร.

ชายุตน์ หวังวนวัฒน์. (2554). ผลของการฝึกบนที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร ต่อการเปลี่ยนแปลงผลทางโลหิตวิทยาในเด็กสุขภาพดีอายุ 10 – 12 ปี. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฐาปนวัฒน์ สุขปาละ. (2554) การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ กิติกุล. (2525). หลักการเล่นฟุตบอลสมัยใหม่. กรุงเทพมหานคร, พิทักษ์อักษร.

ประวิทย์ ไชยสาม. (2525). “วิธีฝึกฟุตบอล” อนุสรณ์ในงานพระราชทานเพลิงศพนางอนู ไชยสาม. กรุงเทพมหานคร, บพิธการพิมพ์.

ประโยค สุทธิสง่า. (2541). การบริหารเชิงกลยุทธ์สู่ความเป็นเลิศของโค้ชฟุตบอล. กรุงเทพมหานคร, ไทยวัฒนาพานิช.

ทูรย์ มีกุดเวียน. (2549). ผลการฝึกสร้างจินตภาพที่มีต่อความแม่นยำในการยิงประตูฟุตบอล. (สารนิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศุภฤกษ์ โตอ่อน. (2546). ผลการฝึกการเสิร์ฟตะกร้อสองแบบที่มีต่อความแม่นยำ. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สนธยา สีละมาด. (2547). หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชาย กุลโสภิต. (2555). ผลการฝึกซ้อมบนที่สูงที่มีต่อสมรรถนะเชิงแอโรบิก แอนแอโรบิกและความสามารถของนักกีฬาเรือพายที่ระดับความสูง 300 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง. (วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมิทธิเดช โม่งประณีต, & คณะ. (2550). ผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลไม่ต่ำกว่า 1,000 เมตร ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา อายุ 16 – 18 ปี. ขอนแก่น, โรงเรียกีฬาขอนแก่น.

อุทัย สงวนพงศ์. (2544). ฟุตบอล. นนทบุรี, ไทยร่มเกล้า.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การศึกษานำร่องที่ 3 (Pilot study 3)

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความหนักของโปรแกรมการฝึกและปรับให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้ดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

ห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ เครื่องวัดออกซิเจนในเลือดและวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ลู่กลไฟฟ้า แบบทดสอบแรมพ์ นาฬิกาจับเวลา ใบบันทึกผล เครื่องวิเคราะห์แก๊สคอมพิวเตอร์ประมวลผล

วิธีการ

1. หาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยแบบทดสอบแรมพ์ในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ โดยเริ่มวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความชัน 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ปรับความเร็วเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก ๆ 1 นาที วิ่งไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่สามารถวิ่งต่อไปได้จึงหยุดการทดสอบ

2. นำค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของแต่ละคนมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความหนักของการฝึก

2.1 ช่วงอบอุ่นร่างกาย ความหนักของการฝึกที่ 50–60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.2 ช่วงการฝึกวิ่งแบบสลับช่วง

2.2.1 ช่วงฝึกกิจกรรมหนัก ความหนักที่ 90–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.2.1 ช่วงฝึกกิจกรรมเบา ความหนักที่ 60–70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.3 ช่วงคลายอุ่นร่างกาย ความหนักของการฝึก 50–60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

3. ทำการฝึกกลุ่มตัวอย่างโดยการวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าภายในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50–60 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยการฝึกวิ่งแบบสลับช่วงจำนวน 4 ชุด โดยใน 1 ชุดการฝึกจะวิ่งเป็นเวลา 4 นาที ที่ความหนัก 90–95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 3 นาที ที่ความหนัก 60–70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จบด้วยการคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50–60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

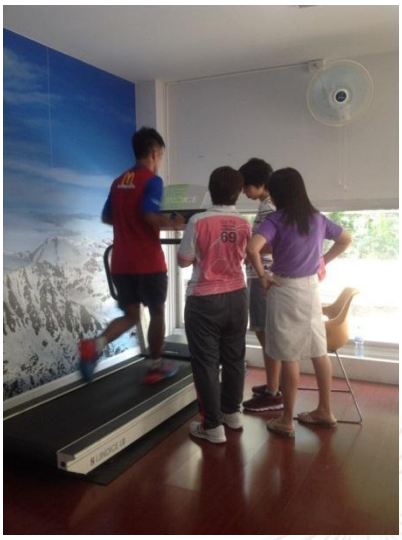
4. ทำการบันทึกผลด้วยมือและคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้
    4.1 ค่าความเร็วในการวิ่ง (Velocity)
    4.2 ค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HR_{max})
    4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (SpO_2)
    4.4 ระดับการรับรู้ความเหนื่อย (RPE)
    4.5 ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

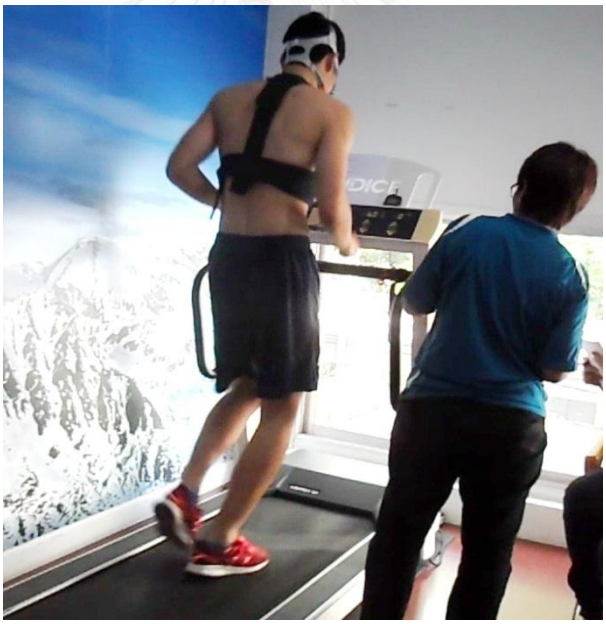
ผลการทดสอบนำร่อง

คนที่	การทดสอบแรมพ์เทส ในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์				กำหนดระดับของการฝึกแบบสลับช่วง ในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์			
	HR_{max} (bpm)	VO_{2max} (ml/min/kg)	SpO_2 (%)	Velocity (km/h)	60-70% of HR_{max} (bpm)	90-95 % of HR_{max} (bpm)	SpO_2 (%)	Velocity (km/h)
1	181	67	81-92	16	109-127	163-172	80-98	1-13.5
2	175	64	82-88	16	105-112	158-166	80-98	1-13.5
3	189	63	83-92	15	113-132	170-180	80-98	1-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่	ผลการฝึกแบบสลับช่วงในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์			
	Intensity (%)	HR_{max} (bpm)	SpO_2 (%)	Velocity (km/h)
1	90 – 95	151-173	80-95	10-12.5
	60 – 70	123-144	90-95	1-3
2	90 – 95	151-165	82-91	10-14
	60 – 70	100-134	88-94	1-3
3	90 – 95	148-186	80-86	9-13.5
	60 – 70	130-165	82-92	1-2





รูปภาพ การทดสอบแรมพ์และการฝึกแบบสลับช่วงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์

การศึกษานำร่องที่ 4 (Pilot study 4)

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิตและการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนังในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

อุปกรณ์

ห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ เครื่องวัดออกซิเจนในเลือดและวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ลู่กลไฟฟ้า แบบทดสอบแรมพ์ นาฬิกาจับเวลา ใบบันทึกผล เครื่องวิเคราะห์แก๊สคอมพิวเตอร์ประมวลผล เครื่องวัดการไหลเวียนของโลหิต เครื่องวัดการไหลเวียนโลหิตที่ผิวหนัง

วิธีการ

1. หาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยแบบทดสอบแรมพ์ในห้องปริมาณออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ โดยเริ่มวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าที่ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความชัน 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ปรับความเร็วเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก ๆ 1 นาที วิ่งไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่สามารถวิ่งต่อไปได้จึงหยุดการทดสอบ

2. นำค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของแต่ละคนคำนวณความหนักของการออกกำลังกาย

2.1 ช่วงอบอุ่นร่างกาย ความหนักของการออกกำลังกายที่ 50–60 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.2 ช่วงการวิ่งออกกำลังกายแบบสลับช่วง

2.2.1 ช่วงออกกำลังกายกิจกรรมหนัก ความหนักที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.2.1 ช่วงออกกำลังกายกิจกรรมเบา ความหนักที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.3 ช่วงคลายอุ่นร่างกาย ความหนักของการออกกำลังกาย 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

3. กลุ่มตัวอย่างได้รับการออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าภายในห้องปริมาณออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยการวิ่งแบบสลับช่วงจำนวน 4 ชุด โดยใน 1 ชุดจะวิ่งเป็นเวลา 4 นาที ที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สลับการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 3 นาที ที่ความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จบด้วยการคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50-60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ในสัปดาห์ถัดไปในวันและเวลาเดียวกันกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับการออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่กลไฟฟ้าภายในห้องปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการออกกำลังกายชุดเดียวกันกับในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

4. ทำการบันทึกผลด้วยมือและคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

4.1 ค่าความเร็วในการวิ่ง (Velocity)

4.2 ค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HR_{max})

4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (SpO_2)

4.4 ระดับการรับรู้ความเหนื่อย (RPE)

4.5 ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

5. ก่อนการออกกำลังกายทั้งสองครั้ง กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับการทดสอบตัวแปรดังนี้

5.1 น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย วัดโดยเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Whole body bioelectrical impedance analyzer, ioi 353, jawon, Korea) อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก และความดันโลหิต วัดโดยเครื่องวัดความดันโลหิต (Semi-automated blood pressure device, carescape v100, GE dinamap, USA)

5.2 การไหลเวียนของโลหิตที่ผิวหนังบริเวณเท้า ช่วงก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกาย วัดโดยเครื่องวัดการไหลเวียนของโลหิตที่ผิวหนังเลเซอร์ดอปเลอร์ (Laser Doppler flowmetry, moor LDI2-IR, Germany)

5.3 ระบบไหลเวียนโลหิตของหัวใจ ระหว่างการวิ่งออกกำลังกาย วัดโดยเครื่องวัดระบบไหลเวียนโลหิตของหัวใจฟิซิโอโฟลว์ (PhysioFlow PF07 enduro, USA)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านสรีรวิทยาทั่วไป ช่วงก่อนและหลังออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำและในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

ตัวแปร	**HIIE at normoxia (N = 15)**		**HIIE at hypoxia (N = 15)**	
	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย
อายุ (ปี)	**15.1±0.2**	**15.1±0.2**	**15.1±0.2**	**15±0.2**
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	**162.3±7.5**	**162.3±7.5**	**162.5±7.6**	**162.5±7.6**
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	**49.3±9.8**	**48.5±9.6***	**49.2±9.5**	**48.4±9.5***
ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	**9.0±5.1**	**7.8±4.5***	**7.8±4.4**	**7.1±4.3***
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	**18.6±2.3**	**18.5±2.3***	**18.3±2.2**	**18.2±2.2***
อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้ง/นาที)	**80.7±6.8**	**84.4±3.7***	**85.0±12.4**	**88.3±8.6***
ความดันขณะหัวใจบีบตัว(มมปรอท)	**119.6±9.5**	**117.73±9.8***	**119.07±8.6**	**116.2±8.4***
ความดันขณะหัวใจคลายตัว(มมปรอท)	**72.8±4.7**	**70.2±4.5***	**72.1±5.5**	**70.0±5.7***

เปรียบเทียบรายคู่ระหว่างกลุ่มที่ความนัยสำคัญทางสถิติระดับ **0.05 (*p<0.05)**

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านการไหลเวียนโลหิต ขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ

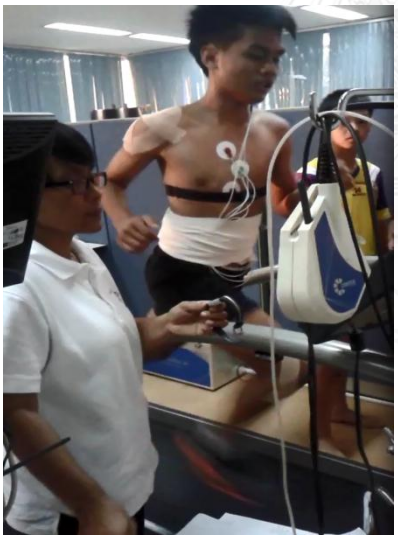
ตัวแปร	ขณะออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด							
	ช่วงที่ 1 ที่เวลา 1-7 นาที		ช่วงที่ 2 ที่เวลา 8-14 นาที		ช่วงที่ 3 ที่เวลา 15-21 นาที		ช่วงที่ 4 ที่เวลา 22-28 นาที	
	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)
ออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ								
อัตราเต้นหัวใจสูงสุด ครั้ง/นาที	180.8±6.5	122.5±6.3	181.8±7.1	126.8±5.8	183.7±5.3	127.9±5.5	183.5±7.7	128.9±5.8
อัตราเต้นหัวใจเฉลี่ย ครั้ง/นาที	171.4±6.4	134.4±5.2	173.5±6.6	139.0±5.1	174.5±6.4	139.2±5.0	173.9±6.6	141.0±6.2
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อครั้งสูงสุด มล/ครั้ง	70.4±12.5	63.6±14.6	71.9±17.1	61.4±15.7	73.7±18.1	64.4±14.2	82.2±17.2	70.2±15.5
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อครั้งเฉลี่ย	66.2±13.7	60.6±14.7	68±16.7	61±16.0	71.5±17.0	62±14.6	74.2±15.7	64.3±15.4
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อนาทีสูงสุด ลิตร/นาที	28.2±2.4	22.1±.2.0	30±2.7	21.9±1.8	30.1±2.9	23.9±2.1	31.6±3.4	23.8±2.1
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อนาทีเฉลี่ย ลิตร/นาที	25.7±.2.4	19.3±2.2	26.7±2.7	19±2.0	27.2±2.7	20.3±2.2	28.2±2.1	21±3.3
อัตรางานสูงสูงสุด กม/ชม	15.1±1.2	2.5±1.1	14.9±1.1	2.5±1.1	15.0±1.1	2.5±1.1	14.6±1.2	2.5±1.1
อัตรางานเฉลี่ย กม/ชม	14.0±1.3	3.3±1.2	13.9±1.1	3.0±1.1	13.9±1.2	2.9±1.0	13.4±1.5	2.8±1.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้านการไหลเวียนโลหิต ขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

ตัวแปร	ขณะออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด							
	ช่วงที่ 1 ที่เวลา 1-7 นาที		ช่วงที่ 2 ที่เวลา 8-14 นาที		ช่วงที่ 3 ที่เวลา 15-21 นาที		ช่วงที่ 4 ที่เวลา 22-28 นาที	
	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)	90-95% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (4 นาที)	60-70% ของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด (3 นาที)
ออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ								
อัตราเต้นหัวใจสูงสุด ครั้ง/นาที	176.3±5.4	122.2±5.2	179.6±7.6	124.0±5.6	180.1±6.8	126.9±6.7	178.7±8.3	127.5±7.5
อัตราเต้นหัวใจเฉลี่ย ครั้ง/นาที	168.3±6.6	136.0±5.6	171.8±7.0	137.5±8.8	172.6±8.4	137.3±7.0	171.1±7.8	137.3±7.2
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อครั้งสูงสุด มล/ครั้ง	84.5±11.6*	76.3±7.9*	86.3±12.0*	76.4±7.5*	88.5±17.7*	77.3±7.5*	98.6±24.0*	84.3±17.7*
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อครั้งเฉลี่ย มล/ครั้ง	80±7.0*	73±7.9*	81.5±10.2*	73.3±7.9*	86.2±13.4*	74.3±8.8*	89±20.7*	77±18.9*
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อนาทีสูงสุด ลิตร/นาที	35.8±2.0*	29.1±1.3*	37.8±2.2*	30.5±1.2*	42.1±3.4*	33.9±1.8*	46.2±4.3*	34.3±3.3*
ปริมาณเลือดสูบฉีดต่อนาทีเฉลี่ย ลิตร/นาที	31.5±1.8*	25±1.4*	34.2±2.2*	26.3±1.3*	36.2±2.2*	29.3±2.3*	39.7±3.3*	32±3.6*
อัตรางานสูงสุด กม/ชม	14.5±1.0	2.3±0.8	14.7±0.9	2.2±0.6	14.40±1.1	2.3±0.6	14.1±1.1	2.1±0.5
อัตรางานเฉลี่ย กม/ชม	13.8±1.0	2.8±0.8	13.7±1.0	2.6±0.7	13.15±1.3	2.6±0.7	12.7±1.3	2.5±0.5

เปรียบเทียบรายคู่ระหว่างกลุ่มที่ความมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 (*$p<0.05$)



รูปภาพ การศึกษาผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ 20.9 เปอร์เซ็นต์ และในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 15.3 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ชื่อผู้วิจัย นางรองรัก สุวรรณรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ
Dr.Joao Brito

รับที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์มือถือ 086-7391551 E-mail: s_rongrak2507@hotmail.com

1. **ขอเรียนเชิญ** ท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร ทั้งท่านและผู้ปกครองกรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. **โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยด้านการสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล** โดยมุ่งคิดค้นโปรแกรมการฝึกสำหรับนักฟุตบอล ซึ่งงานวิจัยนี้ จะใช้การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีผลต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

3. **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

4. **รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**

นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนเพศชายของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร อายุระหว่าง 15-18 ปี เลือกแบบเจาะจง จากนั้นทำการสุ่มแบบจับคู่เรียงลำดับตามความสามารถจากการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายจากการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าด้วยแบบทดสอบแรมพ์ แล้วทำการสุ่มเพื่อเข้ากลุ่มโดยการจับฉลาก โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 16 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 16 คน รวมทั้งสิ้น 32 คน การฝึกตามโปรแกรมจะใช้เวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ช่วงเวลาที่ใช้ฝึก ทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์ เวลา 16.00 – 18.00 น. สัปดาห์ที่ 1 – 4 วันละ 38 นาที และสัปดาห์ที่ 5 – 8 วันละ 45 นาที

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1) เป็นนักฟุตบอลเยาวชนโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร เพศชาย อายุ 15–18 ปี

2) สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

3) ไม่มีประวัติของอาการหรือเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคปอด ภูมิแพ้ ไตวาย ตับเยียว

4) มีประวัติการฝึกต่อเนื่องมาอย่างน้อย 2 ปี ซึ่งฝึกอย่างน้อยวันละ 60 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน

5) ไม่เคยทำการฝึกในที่สูงหรืออาศัยอยู่ในที่สูง

6) ไม่มีอาการและอาการแสดงของโรคเกี่ยวกับการเจ็บป่วยฉับพลันจากความสูง

7) ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า มีค่าไม่น้อยกว่า 50 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ขึ้นไป

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1) เข้าร่วมการวิจัยน้อยกว่า 22 ครั้ง จากเวลาทั้งหมด 24 ครั้ง

2) มีอาการบาดเจ็บ จนไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

3) ไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงและข้อแนะนำของงานวิจัย

4) ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

5. **กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**

การวิจัยนี้กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกรวม 8 สัปดาห์

1) ดำเนินการหากลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยประสานไปยังโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เพื่อติดต่อนักกีฬาฟุตบอล และคัดเลือกนักกีฬาเข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 32 คน โดยนักกีฬาทุกคนได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล และลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งได้รับการลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมสำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครอง และผู้อยู่ในปกครองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

2) นักกีฬาจะเข้ารับการฝึกด้วยการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูง โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน เพื่อเข้ารับการฝึก 2 แบบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (ปริมาณออกซิเจนมีอัตราส่วน 20.9 %) ทำการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าในสภาวะออกซิเจนปกติ (ปริมาณออกซิเจนมีอัตราส่วน 20.9 %) โดยเริ่มต้นวิ่งที่ ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก ทำการฝึกวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50 – 60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงหนักเบา สัปดาห์ที่ 1 – 4 วิ่งด้วยความเร็ว 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาทีและสัปดาห์ที่ 5 – 8 วิ่งด้วยความเร็ว 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที การวิ่งด้วยความเร็วกำหนดที่ความหนัก 90 - 95 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และการวิ่งเหยาะกำหนดที่ความหนัก 60 - 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จบด้วยการวิ่งผ่อนคลายร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50 – 60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ใช้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ปริมาณออกซิเจนต่ำมีอัตราส่วน 15.3 %) ทำการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ปริมาณออกซิเจนมีอัตราส่วน 15.3 %) โดยเริ่มต้นวิ่งที่ ความเร็ว 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความชันที่ 0 วิ่งนาน 2 นาที และเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุก 1 นาที วิ่งจนกว่าหมดแรง เพื่อหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นำมากำหนดความหนักของกิจกรรมการฝึก ทำการฝึกวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า เริ่มจากวิ่งอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50 – 60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ต่อด้วยวิ่งแบบสลับช่วงหนักเบา สัปดาห์ที่ 1 – 4 วิ่งด้วยความเร็ว 4 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 28 นาทีและสัปดาห์ที่ 5 – 8 วิ่งด้วยความเร็ว 5 ชุด ปฏิบัติชุดละ 4 นาที สลับวิ่งเหยาะ 3 นาที รวม 35 นาที การวิ่งด้วยความเร็วกำหนดที่ความหนัก 90 - 95 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และการวิ่งเหยาะกำหนดที่ความหนัก 60 - 70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จบด้วยการวิ่งผ่อนคลายร่างกาย 5 นาที ที่ความหนัก 50 – 60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์

3) การทดสอบประกอบด้วยการทดสอบก่อนการทดลอง (0 สัปดาห์) การทดสอบระหว่างการทดลอง (หลัง 4 สัปดาห์) และการทดสอบหลังการทดลอง (หลัง 8 สัปดาห์) นักกีฬาจะได้รับการทดสอบค่าต่าง ๆ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 วันต่อการทดสอบแต่ละครั้ง สำหรับการทดสอบตลอดทั้งโครงการวิจัยประกอบด้วย การทดสอบทางสรีรวิทยาทั่วไปและการทดสอบความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล จำนวน 3 ครั้ง ดังรายการต่อไปนี้

3.1 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยกรอกข้อมูลเกี่ยวกับประวัติสุขภาพพร้อมแนบระเบียนสุขภาพของนักเรียน (ผู้วิจัยจะทำหนังสือขอนุญาตใช้ข้อมูลระเบียนสุขภาพของนักเรียนต่อผู้อำนวยการโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย) ประสบการณ์ด้านการเป็นนักกีฬาฟุตบอลและการฝึกซ้อม ประวัติการอยู่อาศัยหรือการฝึกซ้อมในที่สูง ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย วัดความดันโลหิต วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ในการซักถาม วัดองค์ประกอบของร่างกาย และกรอกข้อมูลใช้เวลาประมาณ 10 นาที

3.2 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับกาทดสอบทางด้านสรีรวิทยาทั่วไป เกี่ยวกับความเร็วและความไว (5 นาที) ความคล่องแคล่วว่องไว (6 นาที) พลังในการกระโดด (5 นาที) ความอ่อนตัว (3 นาที) ความแข็งแรงของขา (6 นาที) การอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบ (10 นาที) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 35 นาที

3.3 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการทดสอบความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก เกี่ยวกับความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบโยโย่ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 15 นาที

3.4 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการทดสอบความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก เกี่ยวกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายและจุดเริ่มล้า รวมถึงอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบแรมพ์ วิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ระดับน้ำทะเล วิ่งเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดแรง ใช้เวลาทดสอบประมาณ 15 นาที

3.5 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการทดสอบความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก เกี่ยวกับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายและจุดเริ่มล้า รวมถึงอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบแรมพ์ วิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ วิ่งเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดแรง ใช้เวลาทดสอบประมาณ 15 นาที

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
- 6 ส.ค. 2559
วันหมดอายุ

3.6 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการทดสอบความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ด้านความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น ๆ ขณะเกิดความเมื่อยล้า โดยฝึกวิ่งตามแบบฝึกจนกระทั่งร่างกายเกิดความล้าก่อนการทดสอบทักษะการส่งบอลระยะสั้น ๆ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 120 นาที และมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด โดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือบีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด จำนวน 3 ครั้ง (ก่อนการฝึก, ขณะเกิดความเมื่อยล้า, และช่วงพักฟื้นร่างกาย) ในการเจาะเลือดใช้เวลาประมาณ 5 นาที (การเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือกระทำโดยผู้วิจัย)

3.7 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการประเมินวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ เพื่อดูภาวะขาดน้ำ ก่อนทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกทุกครั้ง ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

3.8 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการประเมินระดับความรู้สึกตัว ขณะทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึก แบบประเมินความรู้สึกตัวทำการประเมินโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ประเมินเฉพาะกลุ่มทดลองที่ฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยจะประเมินระดับความรู้สึกตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือดเริ่มลดต่ำลงจนใกล้ระดับ 80 % ขณะทำการฝึก ใช้เวลาประมาณ 2 นาที

4) เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 8 สัปดาห์ นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย เลือดจะถูกทำลายโดยนักเทคนิคการแพทย์

5) สถานที่ใช้ฝึก สำหรับกลุ่มควบคุมฝึกที่ห้องออกกำลังกายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และกลุ่มทดลองฝึกที่ห้องฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถานที่ใช้ทดสอบต่าง ๆ สำหรับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทำการทดสอบที่โรงยิมเนเซียมอาคารจันทร์ยิ่งยง ห้องปฏิบัติการวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และห้องฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

6. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย รวมทั้งเหตุผลที่เชิญเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียด จนกระทั่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเข้าใจอย่างชัดเจน

7. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าและ ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างเสริมสมรรถภาพทั้งกายและจิต และปรึกษากับผู้ฝึกสอนฟุตบอลของผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อส่งต่อการดูแลรักษากับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญต่อไป

8. การวิจัยครั้งนี้เพื่อความปลอดภัยกับผู้เข้าร่วมวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัย จึงมีการตรวจสอบวิธีดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใด ๆ ที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย อาจมีผู้เข้าร่วมวิจัยบางท่านที่มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อขาในขณะฝึกและหลังการฝึกในแต่ละครั้ง หรือรู้สึกอึดอันหายใจไม่สะดวกขณะทำการฝึกหรือการทดสอบ แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังการฝึกหรือการทดสอบทุกครั้ง จะมีการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้น สำหรับมาตรการป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการฝึก 1) การฝึกจนหมดแรง ผู้วิจัยจะควบคุมความหนักของการฝึก โดยป้องกันไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกจนกระทั่งเกิดสภาวะผิดปกติของสัญญาณแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด และอาการแสดงอื่น ๆ เช่น ตัวซีด เย็น แขนขาอ่อนแรง หายใจแรง

และถี่ 2) ระดับความรู้สึกตัว ผู้วิจัยจะควบคุมเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตั้งแต่ 80 % ขึ้นไป โดยขณะทำการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการติดอุปกรณ์ควบคุมเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) โดยหนีบที่ปลายนิ้ว เพื่อควบคุมความปลอดภัยขณะทำการฝึก โดยผู้วิจัยคอยสังเกตเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือดทุก ๆ 2 นาที และจะประเมินระดับความรู้สึกตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อค่าเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในเลือดเริ่มลดต่ำลงจนใกล้ระดับ 80 % ซึ่งหากเกิดภาวะดังกล่าวขึ้นผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดฝึกทันทีและให้การช่วยเหลือ ดังนี้

- กรณีไม่ฉุกเฉิน ให้การปฐมพยาบาลเพื่อบรรเทาอาการให้หายสู่ภาวะปกติโดยเร็ว
- กรณีฉุกเฉิน ให้การปฐมพยาบาลแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยรถยนต์ที่จัดเตรียมไว้

9. **ข้อมูลที่ได้จาการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ทั้งต่อตัวผู้เข้าร่วมวิจัย** โค้ช และผู้ฝึกสอน ซึ่งประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับเมื่อเข้าร่วมโครงการ มีดังนี้

1) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้นจากการฝึกตามโปรแกรมของโครงการเพื่อเพิ่มความสามารถทางกายให้กับตนเองและเพิ่มประสิทธิภาพของทีม

2) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้ทราบสมรรถภาพทางกายของตนเองจากวิธีการทดสอบที่หลากหลาย ได้ทราบพัฒนาการด้านสมรรถภาพทางกายของตนเองเป็นระยะตลอดการฝึก

3) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับประสบการณ์จากรูปแบบการฝึกใหม่ๆ ซึ่งแตกต่างไปจากรูปแบบการฝึกเดิม ทำให้มีความตื่นตัว มีการปรับตัวที่ดีต่อรูปแบบการฝึกใหม่ๆ

10. **การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ โดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อโรงเรียนและสิทธิประโยชน์ของท่านที่พึงได้รับตามปกติจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

11. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

12. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

13. ผู้วิจัยจะจัดหารถรับส่งให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนตลอดระยะเวลาการเข้าร่วมโครงการวิจัยและจัดเตรียมพื้นที่ฝึกซ้อมฟุตบอลให้แก่ทีมให้แก่ทีมที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ตลอดการเข้าร่วมโครงการวิจัย ในวันที่ทำการฝึกมีการจัดน้ำดื่มไว้ให้อย่างเพียงพอตลอดการฝึก แต่ไม่มีอาหารว่าง ส่วนวันที่ทำการทดสอบมีการจัดทั้งน้ำดื่มและอาหารว่างให้ผู้เข้าร่วมวิจัย และผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับเสื้อยืดจากโครงการเป็นของที่ระลึกเมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

14. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ห้อง 210-211 ถ.พญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-22183202 Email: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58

วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558

วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

สำหรับ ☐ ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ☐ ผู้ปกครองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ทำที่.....

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ☐ **ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย**

☐ เกี่ยวข้องเป็น(พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง **ของ**(ชื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย) .....) **ขอแสดงความยินยอมให้ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัย**

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ผู้วิจัย นางรองรัก สุวรรณรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

Dr.Joao Brito

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์มือถือ 086-7391551 E-mail: s_rongrak2507@hotmail.com

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58

วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558

วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย** รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

☐ ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ** เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ โดยข้าพเจ้ายินยอม เข้ารับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่บรรยากาศปกติ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ขณะเข้าร่วมการวิจัยจะเข้ารับการทดสอบทางสรีรวิทยาทั่วไปและความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ประกอบด้วย

1. สรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ความเร็ว ความไว ความคล่องแคล่วว่องไว พลังในการกระโดด ความอ่อนตัว และความแข็งแรงของขา

2. ความสามารถที่เกี่ยวกับฟุตบอล ได้แก่

1) สมรรถภาพทางแอโรบิก ด้านความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายและจุดเริ่มล้า (ตัวแปร 2 รายการนี้ทดสอบทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติและในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ) และความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก

2) ความทนต่อการเมื่อยล้า ในงานวิจัยครั้งนี้คือ ความสามารถในการส่งบอลระยะสั้นขณะเกิดความเมื่อยล้า และมีการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือ

บีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด จำนวน 3 ครั้ง (ก่อนการฝึก ขณะเกิดความเมื่อยล้า และช่วงพักฟื้นร่างกาย)

การทดสอบทุกรายการดังกล่าวจะดำเนินการรวม 3 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง (0 สัปดาห์) ระหว่างการทดลอง (หลัง 4 สัปดาห์) และหลังการทดลอง (หลัง 8 สัปดาห์) และการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดโดยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือบีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด จำนวนรวม 9 ครั้ง ตลอดโครงการวิจัย

☐ ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**ให้ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้

ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย การตอบข้อซักถามถามอะไร เข้ารับการฝึกอบรมอะไร เป็นเวลานานเท่าใด จำนวนกี่ครั้ง เจาะเลือด กี่ข้อนซา เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลาย

☐ ข้าพเจ้า ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า **มีสิทธิ์ ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อโรงเรียนและสิทธิประโยชน์ตัวผู้เข้าร่วมในงานวิจัยที่พึงได้รับตามปกติจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อ ☐ ข้าพเจ้า ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับ ☐ ข้าพเจ้า ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัว ☐ ข้าพเจ้า ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า

หาก ☐ ข้าพเจ้า ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า **ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย** ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ห้อง 210-211 ถ.พญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-22183202 Email: eccu@chula.ac.th

☐ ข้าพเจ้า และ ☐ ผู้ที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า เข้าใจข้อความในข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมโดยตลอดแล้ว ได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นางรองรัก สุวรรณรัตน์)
ผู้วิจัยหลัก

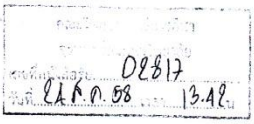
ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้ปกครอง

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

เอกสารโครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

V.2.4/2558



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202

ที่ จว 580 /58 **วันที่** 13 สิงหาคม 2558

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 108.1/58 เรื่อง ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน (EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING IN NORMOBARIC HYPOXIA ON AEROBIC FITNESS AND TOLERANCE TO FATIGUE IN YOUTH SOCCER PLAYERS) **ของ นางรองรัก สุวรรณรัตน์**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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. 146/2558

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 108.1/58 : ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ผู้วิจัยหลัก : นางรองรัก สุวรรณรัตน์

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 : 7 สิงหาคม 2558 **วันหมดอายุ** : 6 สิงหาคม 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการรับรองเบื้องต้น หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
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

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบ โยโย่ (Yo-Yo intermittent recovery test level 1)

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (Intermittent endurance performance)

อุปกรณ์ (Equipment)

ซอฟท์แวร์บอกจังหวะ เทปวัดระยะ กรวย กระดาษบันทึก

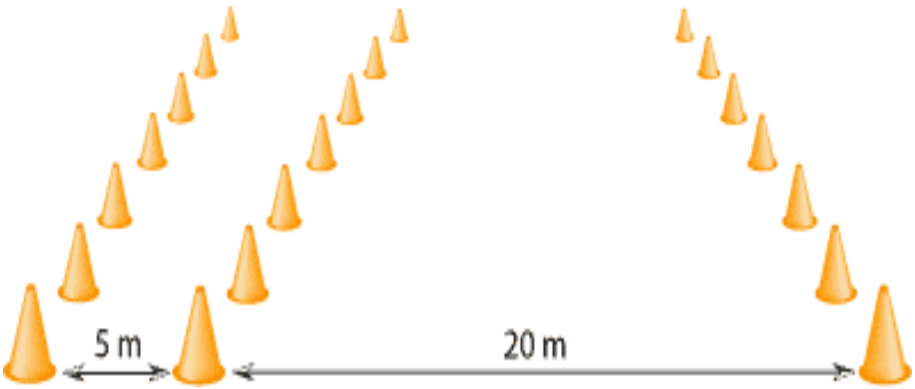
วิธีการ

ตั้งกรวย 3 จุด กรวยที่ 1 เป็นจุดเริ่มต้น กรวยที่ 2 ห่างจากจุดเริ่มต้น 20 เมตร และกรวยที่ 3 ห่างจากกรวยที่ 2 ระยะ 5 เมตร เริ่มต้นทดสอบผู้ถูกทดสอบยืนหลังจุดเริ่มต้นและออกวิ่งเมื่อได้ยินเสียงสัญญาณดังขึ้น โดยวิ่งอย่างรวดเร็วในระยะ 20 เมตรไปยังกรวยที่ 2 เมื่อผ่านกรวยที่ 2 .ลดความเร็วและวิ่งเหยาะต่ออีก 5 เมตร อ้อมกรวยที่ 3 กลับมายังกรวยที่ 2 (เวลา 10 วินาที) และจะออกวิ่งอย่างรวดเร็วในทันทีไปยังกรวยที่ 1 เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณดังขึ้น ปฏิบัติเช่นเดิมทั้งไป-กลับเรื่อย ๆ จะได้รับการเตือนหากการปฏิบัติไม่สมบูรณ์ โดยไม่สามารถวิ่งกลับมายังจุดเริ่มต้นได้ทันก่อนเสียงสัญญาณดัง และจะหยุดปฏิบัติทันทีเมื่อการปฏิบัติทำได้ไม่สมบูรณ์เป็นครั้งที่ 2 ความเร็วในการวิ่งจะเพิ่มขึ้นในทุกรอบการวิ่งตลอดการทดสอบ นำผลรวมของระยะทางที่วิ่งได้สมบูรณ์บันทึกไว้ ส่วนการวิ่งที่ทำไว้ก่อนหน้าที่ไม่สมบูรณ์จะตัดทิ้ง

ใช้สูตรการคำนวณค่า VO_2max (ml/kg/min) โดยบังสโบและคณะ (Bangsbo et al., 2008)

YYIR 1 test

VO_2max (ml/kg/min) = YYIR 1 distance (m) x 0.0084 + 36.4



(Bangsbo et al., 2008)

ตารางแสดงระดับและความเร็วของการทดสอบโยโย่

(Yo-Yo intermittent recovery test level 1)

YO-YO Intermittent Recovery Test Level I

Progression and conversion chart (Speed levels to Meters Coverd)

Level	Speed	Meters Coverd	Level	Speed	Meters Coverd	Level	Speed	Meters Coverd
1	5.1	40	32	16.5	1280	63	20.4	2520
2	9.1	80	33	16.6	1320	64	20.5	2560
3	11.1	120	34	16.7	1360	65	20.6	2600
4	11.2	160	35	16.8	1400	66	20.7	2640
5	12.1	200	36	17.1	1440	67	20.8	2680
6	12.2	240	37	17.2	1480	68	21.1	2720
7	12.3	280	38	17.3	1520	69	21.2	2760
8	13.1	320	39	17.4	1560	70	21.3	2800
9	13.2	360	40	17.5	1600	71	21.4	2840
10	13.3	400	41	17.6	1640	72	21.5	2880
11	13.4	440	42	17.7	1680	73	21.6	2920
12	14.1	480	43	17.8	1720	74	21.7	2960
13	14.2	520	44	18.1	1760	75	21.8	3000
14	14.3	560	45	18.2	1800	76	22.1	3040
15	14.4	600	46	18.3	1840	77	22.2	3080
16	14.5	640	47	18.4	1880	78	22.3	3120
17	14.6	680	48	18.5	1920	79	22.4	3160
18	14.7	720	49	18.6	1960	80	22.5	3200
19	14.8	760	50	18.7	2000	81	22.6	3240
20	15.1	800	51	18.8	2040	82	22.7	3280
21	15.2	840	52	19.1	2080	83	22.8	3320
22	15.3	880	53	19.2	2120	84	23.1	3360
23	15.4	920	54	19.3	2160	85	23.2	3400
24	15.5	960	55	19.4	2200	86	23.3	3440
25	15.6	1000	56	19.5	2240	87	23.4	3480
26	15.7	1040	57	19.6	2280	88	23.5	3520
27	15.8	1080	58	19.7	2320	89	23.6	3560
28	16.1	1120	59	19.8	2360	90	23.7	3600
29	16.2	1160	60	20.1	2400	91	23.8	3640
30	16.3	1200	61	20.2	2440			
31	16.4	1240	62	20.3	2480			

รูปภาพ การทดสอบความสามารถด้านความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก
ตามแบบทดสอบโยโย่ (The Yo-Yo intermittent recovery level 1)

ภาคผนวก ง

การทดสอบแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The loughborough test)

แบบทดสอบวิ่งไปกลับแบบสลับช่วงพัก (The Loughborough intermittent shuttle test)

วัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดความล้าก่อนทดสอบความสามารถในการส่งบอล(Short-passing ability)

สนาม (Field) เส้น 2 เส้น ระยะห่างกัน 20 เมตร

อุปกรณ์ (Equipment)

เทปวัดระยะ กรวย กระดาษบันทึก

วิธีการ

ผู้ถูกทดสอบจะทำการเดินหรือวิ่ง ระหว่างเส้น 2 เส้น ระยะห่างกัน 20 เมตร โดยปฏิบัติกิจกรรม 2 ชุดต่อเนื่อง ดังนี้

ชุดที่ 1 ปฏิบัติกิจกรรมจำนวน 5 เซ็ต เซ็ตละ 15 นาที สลับพักระหว่างเซ็ต 3 นาที ใน 1 เซ็ต ประกอบด้วย 1. เดิน 3 เที่ยว 2. วิ่งที่ความเร็วสูงสุด 1 เที่ยว 3. พัก 4 วินาที 4. วิ่งด้วยความเร็วปานกลาง 3 เที่ยว 5. วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Maximal speed) 3 เที่ยว และต่อด้วย

ชุดที่ 2 วิ่งแบบ ชัตเติ้ล รัน (Shuttle run) โดยวิ่งไปด้วยความเร็วในระยะทาง 20 เมตร ที่ความเร็วสูงสุด (Maximal speed) สลับด้วยวิ่งกลับด้วยความเร็วในระยะทาง 20 เมตร ด้วยความเร็วที่ลดลงจากความเร็วสูงสุด ทำต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่สามารถวิ่งต่อได้จึงหยุดปฏิบัติ

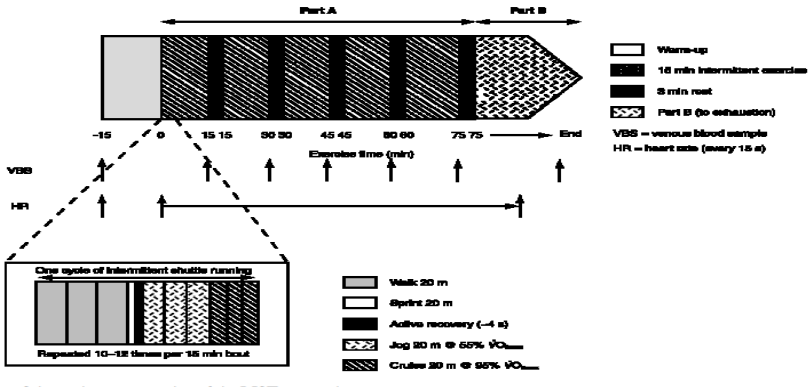


Fig. 1. Schematic representation of the LIST protocol.

(Thomas Reilly & Thomas, 1976)

รูปภาพ การทดสอบวิ่งไปกลับแบบสลับช่วงพักตามแบบทดสอบลาฟเบอโรวฟ์

(The Loughborough intermittent shuttle test)

แบบทดสอบทักษะการส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test)

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความสามารถในการส่งบอลระยะสั้น (Short-passing ability)

สนาม (Field) ขนาดพื้นที่ 12 x 9.5 เมตร

อุปกรณ์ (Equipment)

กรวย แผ่นกระดานติดแถบ 4 สี ลูกฟุตบอลเบอร์ 5 กระดาษบันทึก นาฬิกาจับเวลา

วิธีการ

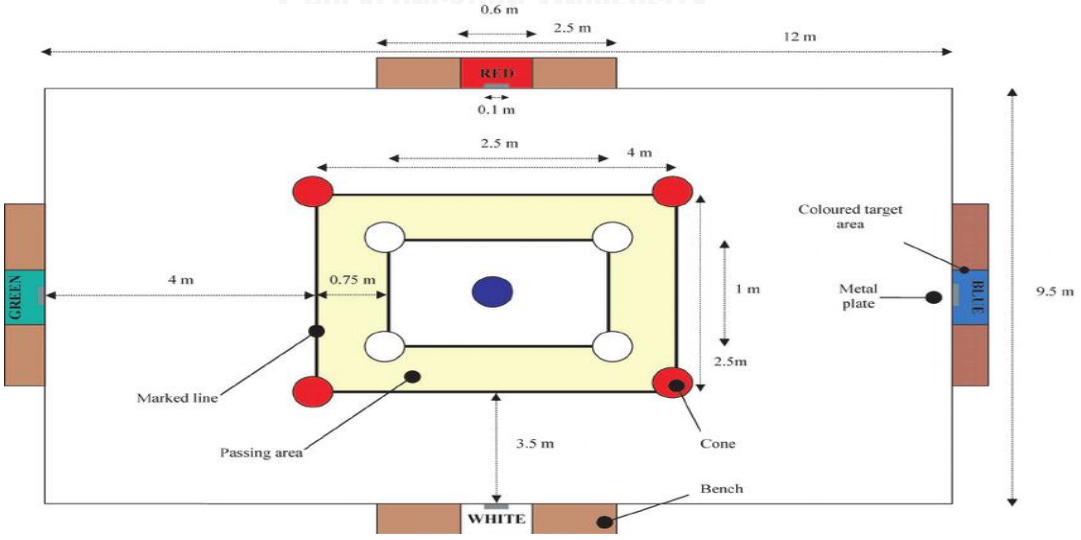
ผู้ถูกทดสอบเริ่มต้นด้วยการยืนตรงกลางของพื้นที่ทดสอบและต้องเคลื่อนที่ไปตามพื้นที่ที่ออกแบบเพื่อส่งบอล ซึ่งต้องตอบสนองต่อเสียงบอกของผู้ทดสอบในการปฏิบัติเพื่อส่งบอล (ส่งบอลตรงไปยังสีหนึ่งสีใดจาก 4 สีตามพื้นที่เป้าหมาย) โดยต้องทำด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ปฏิบัติ 2 ครั้ง มีช่วงพัก 5 นาทีก่อนทำครั้งที่ 2 บันทึกคะแนนครั้งที่ทำได้ดีที่สุด ก่อนการทดสอบในครั้งแรกผู้ถูกทดสอบมีโอกาสทดลองก่อนจำนวน 5 ครั้งเพื่อสร้างความคุ้นเคย

วัดผลจากความสามารถใน 2 ด้านและนำไปคำนวณ ได้แก่ <u>เวลาที่ทำได้</u>จากการส่งบอลที่สมบูรณ์จำนวน 16 ครั้ง และเวลาที่เกิดจากการแสดงทักษะในการส่งบอลของผู้ถูกทดสอบ ได้แก่ เวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาโบนัส

การคำนวณ เวลาที่ทำได้ + เวลาที่ถูกปรับโทษ - เวลาโบนัส = เวลาที่แสดงถึงความสามารถ

<u>เวลาที่ถูกปรับโทษ</u> ได้แก่ พลาดเป้า +5 วินาที พลาดสี +3 วินาที ใช้มือจับบอล +3 วินาที ส่งบอลนอกพื้นที่ +2 วินาที บอลสัมผัสกรวย +2 วินาที ปฏิบัติการทดสอบเกินเวลา 43 วินาที (+1 วินาทีต่อการเกินเวลาแต่ละ 2 วินาทีจากเวลาที่กำหนด)

<u>เวลาโบนัส</u> คือ -1 วินาที ถ้าผู้เล่นเตะโดนแถบตรงกลาง 10 เซนติเมตรของสีเป้าหมาย



(Nicholas et al., 2000)

คำสั่งเป้าหมายของการส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์

(The Loughborough soccer passing test target order)

	1	2	3	4
1	blue	blue	green	white
2	blue	white	white	blue
3	white	green	green	blue
4	red	blue	white	white
5	white	white	red	red
6	red	green	white	red
7	red	white	green	white
8	green	green	blue	blue
9	green	blue	green	red
10	white	red	blue	green
11	green	white	blue	green
12	green	blue	red	red
13	blue	green	blue	white
14	red	red	red	green
15	white	red	white	blue
16	blue	red	red	green

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	5	6	7	8
1	Red	White	Blue	Green
2	Green	Blue	Red	White
3	White	White	Blue	Blue
4	White	Blue	Blue	White
5	Red	Red	White	Blue
6	Blue	Green	Green	Red
7	White	Blue	Red	Blue
8	Red	White	Red	Red
9	Green	Blue	Green	Green
10	Red	Red	White	Green
11	Blue	Green	Green	White
12	Green	Red	White	Red
13	Blue	Red	Blue	White
14	White	Green	White	Red
15	Green	White	Red	Green
16	Blue	Green	Green	Blue

กระดาษบันทึกคะแนนของแบบทดสอบส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์

(The Loughborough soccer passing test data collection sheet)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Player	Scoring Criteria		Completion time (s)
*	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		
*	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		
	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		
	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		
	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		
	ball hits **CONE**		
	outside **PASSING ZONE**		
	CROSS 2 inner **LINES**		
	HAND ball		

รูปภาพ การทดสอบส่งบอลแบบลาฟเบอโรวฟ์ (The Loughborough soccer passing test)

ภาคผนวก จ

การเจาะเลือดวิเคราะห์ปริมาณแลคเตท

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องวัดปริมาณแลคเตทในเลือด
2. สตริปส์ (Strips) สำหรับเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อวิเคราะห์หาค่ากรดแลคติกในเลือด
3. เข็มเจาะเลือด
4. แอลกอฮอล์สำหรับฆ่าเชื้อ
5. สำลี
6. ถุงมือยาง

วิธีทำการทดสอบ

1. กดเปิดการทำงานของเครื่องและปรับตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานของเครื่อง (Calibrate)

2. ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ เช็ดทำความสะอาดบริเวณปลายนิ้วที่จะเจาะเลือดของมือข้างที่ไม่ถนัดทุกครั้งที่ทำการเก็บข้อมูล

3. เจาะเลือดจากปลายนิ้วบีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (ประมาณ 1-3 ไมโครลิตร) นำหลอดเก็บเลือด (Tube) รับเลือดจากปลายนิ้ว ดูดเลือดจากหลอดแล้วนำไปหยดลงในเครื่องวิเคราะห์เลือด รออ่านผลการทดสอบ

4. เครื่องจะเริ่มการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือด โดยใช้เวลาประมาณ 30 วินาที จะได้ค่าความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร

รูปภาพ การเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์ค่าแลคเตท

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินระดับความรู้สึกตัว (Level of consciousness)

แบบประเมินระดับความรู้สึกตัว (Level of consciousness)

National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) เป็นคะแนนในการตรวจร่างกายทางระบบประสาทประกอบด้วย 11 ข้อ ใช้ในการประเมินผลของสมองขาดเลือดโดยดูระดับของการรู้สติ ภาษา การมองเห็น การเคลื่อนไหวของตา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การเดินเซ พูดผิดปกติ การรับรู้ความรู้สึกที่เสียไปเป็นวิธีการประเมิน Consciousness, Motor และ Perception NIHSS จะมีการประเมินในด้านของ Cognition ร่วมด้วย นอกจากนี้จุดประสงค์ของการพัฒนาแบบประเมิน NIHSS พัฒนาขึ้นมาเพื่อประเมินความรุนแรงของโรคหลอดเลือดสมอง ดังนั้นในการประเมินผู้ที่มีปัญหาทางหลอดเลือดสมอง การประเมินโดยใช้ NIHSS เป็นที่นิยมใช้กันและแบบประเมินมีความเที่ยงอยู่ในระดับสูง ซึ่ง NIHSS จะมีการประเมินด้านต่างๆ ดังนี้

1a. ระดับความรู้สึกตัว (Level of Consciousness, LOC) โดยมีคะแนน 0-3 ดังนี้

☐ 0= รู้สึกตัวดี

☐ 1= ไม่รู้สึกตัว แต่สามารถปลุกให้ตื่นได้

☐ 2= ไม่รู้สึกตัว ต้องกระตุ้นซ้ำหรือทำให้เจ็บ

☐ 3= ไม่รู้สึกตัว ตอบสนองเฉพาะรีเฟล็กซ์

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง -7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ -6 ส.ค. 2559

1b. สามารถบอกเดือน และอายุได้ (LOC Questions) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0= ตอบได้ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ

☐ 1= ตอบถูกเพียง 1 ข้อ

☐ 2= ไม่สามารถตอบคำถามได้หรือตอบผิดทั้ง 2 ข้อ

การให้คะแนนในข้อนี้จะไม่ให้สำหรับคำตอบที่ใกล้เคียง

1. หลับตา-ลืมตา และกำมือ คลายมือข้างที่ไม่เป็นอัมพาตได้หรือไม่ (LOC Commands) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0 = ทำได้ถูกต้องทั้ง 2 อย่าง

☐ 1 = ทำได้ถูกต้องเพียงอย่างเดียว

☐ 2 = ไม่ทำตามคำสั่ง หรือทำไม่ถูกต้อง

2. การเคลื่อนไหวของตา (Best Gaze) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0 = มองตามได้เป็นปกติ

☐ 1= ตาข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง เหลือบมองไปด้านข้างได้แต่ไม่สุด

☐ 2= เหลือบตามองไปด้านข้างไม่ได้เลย หรือมองไปด้านหนึ่งด้านใดจนสุด โดยไม่สามารถแก้ไขได้ด้วย oculocephalic maneuver

3. การมองเห็น (Visual Fields) การตรวจการมองเห็นนี้ผู้ตรวจจะทำการตรวจตาทีละข้าง โดยอาจใช้มือปิดตาอีกข้างหนึ่งก่อน มีการให้คะแนน 0-3 ดังนี้

☐ 0 = ลานสายตาปกติ

☐ 1 = ลานสายตาผิดปกติบางส่วน (Partial Hemianopia)

☐ 2 = ลานสายตาผิดปกติครึ่งซีก (Complete Hemianopia)

☐ 3 = มองไม่เห็นทั้ง 2 ตา (ตาบอด)

ในการทดสอบนี้ผู้ตรวจจะต้องทำการตรวจอย่างรวดเร็วเพื่อไม่ให้ผู้ถูกทดสอบมีการปรับสายตาได้ก่อน และถ้าหากผู้ถูกทดสอบไม่ทำตามสั่งหรือไม่สามารถเข้าใจคำสั่งได้ ผู้ตรวจอาจใช้วิธี Threaten โดยให้ผู้ตรวจใช้นิ้วมือชี้ลงไปที่ตาของผู้ถูกทดสอบทีละข้างตามแนวองศาของลานสายตาปกติ เวลาตรวจผู้ตรวจจะต้องทำมุมของวัตถุที่ใช้ตรวจสอบให้เหมาะสมกับลานเห็นปกติ และให้วัตถุที่ใช้ทดสอบอยู่ห่างจากผู้ถูกทดสอบประมาณ 1 ฟุต

4. การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใบหน้า (Facial Palsy) โดยมีคะแนน 0-3 ดังนี้

☐ 0 = ไม่พบมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อใบหน้า สามารถเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อใบหน้าได้เป็นปกติ

☐ 1 = กล้ามเนื้อใบหน้าอ่อนแรงเล็กน้อย พอสังเกตเห็นมุมปากตก หรือไม่เท่ากันเมื่อยิ้ม

☐ 2 = กล้ามเนื้อใบหน้าอ่อนแรงมาก แต่ยังพอเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อได้บ้าง

☐ 3 = ไม่สามารถเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อใบหน้าในข้างใดหรือทั้ง 2 ข้างได้เลย

ในการตรวจจะให้ผู้ถูกทดสอบยิ้ม แล้วให้สังเกตว่า ร่องบุ๋มข้างแก้มทั้งสองข้างขณะที่ผู้ถูกทดสอบยิ้มนั้นเท่ากันทั้งสองหรือไม่ พร้อมทั้งให้สังเกตว่ากล้ามเนื้อบริเวณแก้มยกตัวเท่ากันหรือไม่

5. กำลังของกล้ามเนื้อแขน (Motor Arm) โดยมีคะแนน 0-4 ดังนี้

☐ 0 = ยกแขนสูง 90 องศาทำมุมกับลำตัวในท่านั่ง หรือ 45 องศาในท่านอนหงาย และสามารถคงไว้ในตำแหน่งที่ต้องการได้ตลอด 10 วินาที

☐ 1 = ยกแขนสูง 90 องศาทำมุมกับลำตัวในท่านั่ง หรือ 45 องศาในท่านอนหงายและสามารถคงไว้ในตำแหน่งที่ต้องการได้เพียงครู่เดียวไม่ถึง 10 วินาที โดยที่แขนไม่ตกลงบนเตียง

☐ 2 = ยกแขนขึ้นได้บ้างแต่ไม่ถึงหรือไม่สามารถคงไว้ในตำแหน่งที่ต้องการได้ จากนั้นแขนตกลงบนเตียง

☐ 3 = ไม่สามารถยกแขนขึ้นได้

☐ 4 = ไม่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อแขน

การให้คะแนนระหว่าง 3 กับ 4 มีความต่างกันตรงที่ การให้คะแนน 3 นั้นผู้ตรวจจะต้องสังเกตเห็นว่า ผู้ถูกทดสอบพยายามจะยกแขนแต่ยกไม่ได้ซึ่งจะเห็นว่ามีการเคลื่อนไหวบ้าง เช่นในแนวระนาบ ส่วนคะแนน 4 นั้นผู้ถูกทดสอบไม่สามารถหรือไม่มีการเคลื่อนไหวใดๆ เลย

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

6. กำลังของกล้ามเนื้อขา (Motor Leg) โดยมีคะแนน 0-4 ดังนี้

☐ 0 = สามารถยกขาข้างที่อ่อนแรงขึ้นให้สะโพกทำมุม 30 องศากับพื้นในท่านอนหงาย และคงตำแหน่งที่ต้องการได้ตลอด 5 วินาที

☐ 1 = สามารถยกขาข้างที่อ่อนแรงขึ้นให้สะโพกทำมุม 30 องศากับพื้นในท่านอนหงายได้ครู่เดียว โดยไม่ถึง 5 วินาที ก็ต้องลดขาลงมา แต่ขาไม่ตกลงบนเตียง

☐ 2 = ยกขาขึ้นได้บ้างในท่านอนหงายแต่ไม่ถึงตำแหน่งที่ต้องการ ขาตกลงบนเตียงก่อน 5 วินาที

☐ 3 = ไม่สามารถยกขาขึ้นจากเตียงได้ในท่านอนหงาย

☐ 4 = ไม่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขา

ในการให้คะแนนสำหรับการตรวจ ให้ใช้องศาหรือมุมที่สามารถยกขึ้นเป็นเกณฑ์ก่อน แล้วค่อยพิจารณาระยะเวลาที่ยกขึ้นได้ เช่น บางคนนอนยกขาได้ไม่ถึง 30 องศา ถึงแม้จะยกได้นานเกิน 5 วินาที ก็ตามได้คะแนน 2

7. การประสานงานของแขนขา (Limb Ataxia) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0 = การประสานงานของแขนขาทั้ง 2 ข้าง เป็นปกติ

☐ 1 = พบมีปัญหาของการประสานงานของแขนหรือขา 1 ข้าง

☐ 2 = พบมีปัญหาของการประสานงานของแขนหรือขา 2 ข้าง

ถ้าผลการประเมินพบว่า สามารถประสานงานได้ปกติก็ถือว่าได้คะแนน 0

8. การรับความรู้สึก (Sensory) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0 = การรับความรู้สึกเป็นปกติ

☐ 1 = สูญเสียการรับความรู้สึกในระดับน้อยถึงปานกลาง การรับความรู้สึกจากวัสดุแหลมคมลดลงบ้าง แต่ผู้ถูกทดสอบยังสามารถบอกได้ถึงความรู้สึกในบริเวณที่ถูกกระตุ้น

☐ 2 = สูญเสียการรับความรู้สึกในระดับรุนแรงหรือไม่รู้สึกว่าถูกสัมผัสที่บริเวณใบหน้า แขนและขา

การทดสอบการรับรู้ความรู้สึกผู้ตรวจจะใช้ไม้จิ้มฟันปลายแหลมทำการทดสอบในตำแหน่งที่ต่างกันหรือตรงกันข้ามกันเพื่อให้ผู้ถูกทดสอบได้เปรียบเทียบความรู้สึกว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง เช่น ตำแหน่งที่ใบหน้าก็ทดสอบทั้งแก้มซ้าย และขวา เป็นต้น

9. ความสามารถด้านภาษา (Best Language) โดยมีคะแนน 0-3 ดังนี้

☐ 0 = การสื่อภาษาเป็นปกติ

☐ 1 = การสื่อภาษาสูญเสียไปในระดับน้อยถึงปานกลาง ตรวจพบการสื่อภาษาที่ไม่ต่อเนื่อง มีการสูญเสียความเข้าใจหรือความสามารถในการใช้ภาษาในการสื่อสาร แต่ยังพอที่จะเข้าใจได้ว่าผู้ป่วยกำลังพูดถึงอะไรอยู่

☐ 2 = การสื่อภาษาสูญเสียอย่างรุนแรง ผู้ป่วยไม่สามารถสื่อสารให้ผู้ตรวจเข้าใจได้ และผู้ทดสอบไม่สามารถทราบได้ว่าผู้ถูกทดสอบกำลังพูดถึงอะไร

สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร ชุดที่ 1

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58

วันที่รับรอง - 7 ส.ค. 2558

วันหมดอายุ - 6 ส.ค. 2559

☐ 3 = ไม่พูด หรือมี Global Aphasia (ไม่เข้าใจสิ่งที่ผู้อื่นพยายามสื่อภาษา และไม่สามารถแสดงท่าทาง พูด และเขียนให้ผู้อื่นเข้าใจ)

สำหรับการให้คะแนนในการให้ผู้ถูกทดสอบอธิบายรูปภาพหรือบอกสิ่งที่เห็น ถ้าผู้ป่วยบอกผิดมากกว่า 50% ให้ 2 คะแนน และถ้าบอกถูกบ้างแต่ไม่เกิน 50% ให้ 1 คะแนน

เลขที่โครงการวิจัย 108.1/58
วันที่รับรอง -7 ส.ค. 2558
วันหมดอายุ -6 ส.ค. 2559

10. การออกเสียง (Dysarthria) โดยมีคะแนน 0-2 ดังนี้

☐ 0 = พูดได้ชัดเจนเป็นปกติ

☐ 1 = พูดไม่ชัดเล็กน้อยถึงปานกลาง (ผู้ป่วยพูดไม่ชัด เป็นบางคำโดยผู้ตรวจพอเข้าใจได้)

☐ 2 = พูดไม่ชัดอย่างมากหรือผู้ป่วยไม่พูด ผู้ตรวจไม่สามารถเข้าใจคำพูดของผู้ถูกทดสอบได้ (โดยที่ไม่มีความผิดปกติของความสามารถทางภาษา)

ถ้าผู้ถูกทดสอบอ่านหนังสือไม่ออก ผู้ตรวจอาจเป็นผู้อ่านให้ทีละบรรทัด แล้วให้ผู้ป่วยพูดตาม เช่น คำว่าแมง มุม ทับทิม ฟิ้นฟู ขอบคุณ รื่นเริง ใบบัวบก เป็นต้น

11. การขาดความสนใจในด้านใดด้านหนึ่งของร่างกาย (Extinction and Inattention) โดยมีคะแนน 0-3 ดังนี้

☐ 0 = ไม่พบความผิดปกติ

☐ 1 = มีความผิดปกติอย่างใดอย่างหนึ่งของการรับรู้ในด้าน การมองเห็น การสัมผัส การได้ยิน เมื่อมีการกระตุ้น 2 ข้างพร้อมๆ กัน

☐ 2 = มีความผิดปกติในด้านการรับรู้ มากกว่า 1 อย่าง หรือผู้ป่วยไม่รับรู้ว่าเป็นมือของตัวเอง หรือสนใจต่อสิ่งเร้าเพียงด้านเดียว

การตรวจในข้อนี้เป็นการทดสอบทั้งการมองเห็น การได้ยิน และการรับสัมผัส โดยการทดสอบการได้ยินและรับสัมผัส จะให้ผู้ถูกทดสอบหลับตาขณะทดสอบด้วย ซึ่งการทดสอบแต่ละอย่างจะทำทีละข้างก่อน และสุดท้ายก็จะกระตุ้นอวัยวะทั้งสองข้างพร้อมๆ กัน

การให้คะแนนจากการประเมินด้วย NIHSS จำแนกออกเป็น 4 ระดับดังนี้

ระดับ 4 คะแนน 25 = Very Severe Impairment (ขาดความรู้สึกตัวระดับรุนแรงมาก)

ระดับ 3 คะแนน 15–24 = Severe Impairment (ขาดความรู้สึกตัวระดับรุนแรง)

ระดับ 2 คะแนน 5–14 = Mild to Moderately (ขาดความรู้สึกตัวระดับเบาถึงปานกลาง)

ระดับ 1 คะแนน $\leq$ 4 = Mild Impairment (ขาดความรู้สึกตัวระดับเบา)

การแปลผลของคะแนนที่ได้จากประเมินโดยใช้ NIHSS คือ ถ้าคะแนนของ NIHSS มากแสดงว่า ผู้ถูกทดสอบมีภาวะความรุนแรงเกี่ยวกับระบบประสาทมาก

คะแนนการประเมิน	ระดับความรู้สึกตัว
.....	.....

ภาคผนวก ช

การตรวจปัสสาวะ

เครื่องมือที่ใช้

แผ่นทดสอบวัดค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ กล่องพลาสติกบรรจุน้ำปัสสาวะ

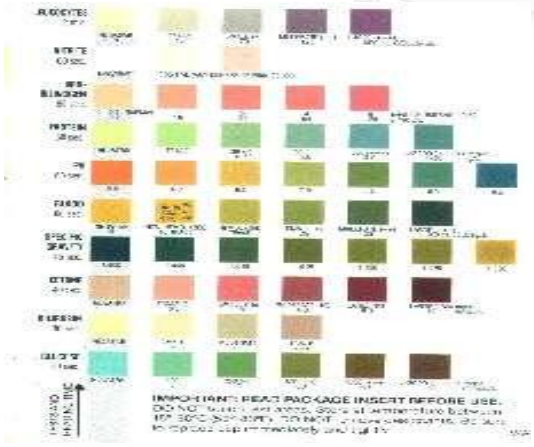
วิธีทดสอบ

- เก็บตัวอย่างปัสสาวะที่ต้องการทำการทดสอบ ใส่ลงในภาชนะที่แห้ง และสะอาดประมาณ 30-50 ซี.ซี.

- ดึงแถบตรวจออกจากขวด ระวังอย่าให้มือไปสัมผัสถูกบริเวณแถบทดสอบที่ติดอยู่ที่แถบตรวจ เพราะจะทำให้แถบทดสอบเสียได้ รีบปิดขวดให้สนิทตามเดิม ความชื้นในอากาศทำให้แถบตรวจเสื่อมได้

- จุ่มแถบตรวจลงไปในปัสสาวะที่ต้องการทดสอบ โดยให้แถบทดสอบสัมผัสถูกปัสสาวะ ดึงแถบตรวจขึ้น

วางไว้ในแนวราบ รอเวลาประมาณ 45-60 วินาที จึงเริ่มเทียบสีกับตารางเทียบสีมาตรฐาน เพื่อทราบปริมาณของสารที่พบ



การแปลผลการทดสอบ

Specific gravity (ความถ่วงจำเพาะ)

เป็นตัววัดแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของปัสสาวะ

- โดยระดับปกติจะอยู่ในช่วง 1.010–1.025
- ในภาวะขาดน้ำจะมีระดับความถ่วงจำเพาะสูงขึ้น

ภาคผนวก ซ

แบบบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาทั่วไป

รหัสนักกีฬา .....

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

บันทึกสุขภาพ หรือความเจ็บป่วย ..... โรคประจำตัว .....

ตัวแปรที่วัด	**ก่อนการฝึก**	**หลังการฝึก 4 สัปดาห์**	**หลังการฝึก 8 สัปดาห์**
น้ำหนัก (กิโลกรัม)			
ส่วนสูง (เซนติเมตร)			
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)			
ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)			
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)			
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)			
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ

แบบบันทึกข้อมูลด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก

รหัสนักกีฬา .....

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

บันทึกสุขภาพ หรือความเจ็บป่วย ..... โรคประจำตัว .....

ตัวแปรที่วัด	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 4 สัปดาห์	หลังการฝึก 8 สัปดาห์
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) (Ramp treadmill test)			
จุดกั้นแอนแอโรบิก (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) (Ramp treadmill test)			
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที) (Ramp treadmill test)			
เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์) (Ramp treadmill test)			
ความอดทนที่มีการสลับช่วงพัก (เมตร) (YO-YO intermittent recovery test)			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

แบบบันทึกข้อมูลด้านความทนต่อการเมื่อยล้า

รหัสนักกีฬา .....

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

บันทึกสุขภาพ หรือความเจ็บป่วย ..... โรคประจำตัว .....

ตัวแปรที่วัด	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก 4 สัปดาห์	หลังการฝึก 8 สัปดาห์
แลคเตทในเลือดขณะพัก (มิลลิโมล/ลิตร) (The Loughborough shuttle test)			
แลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที (มิลลิโมล/ลิตร) (The Loughborough shuttle test)			
แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า (มิลลิโมล/ลิตร) (The Loughborough shuttle test)			
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที) (The Loughborough shuttle test)			
อัตราการเต้นหัวใจที่เวลา 75 นาที (ครั้ง/นาที) (The Loughborough shuttle test)			
อัตราการเต้นหัวใจที่จุดเมื่อยล้า (ครั้ง/นาที) (The Loughborough shuttle test)			
เวลาที่ทำได้ (วินาที) (The Loughborough soccer passing test)			
เวลาที่ถูกปรับโทษ (วินาที) (The Loughborough soccer passing test)			
เวลาที่แสดงถึงความสามารถ (วินาที) (The Loughborough soccer passing test)			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงค่าความหนักของการฝึกรายบุคคล คำนวณจากการทดสอบแรมพ์ ครั้งที่ 1

คนที่	อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	อบอุ่นและคลายอุ่น	กิจกรรมเบา	กิจกรรมหนัก
		50-60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	60-70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	90-95 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
Normoxia1	184	92-110	110-129	166-175
Normoxia2	187	94-112	112-131	168-178
Normoxia3	189	95-113	113-132	170-180
Normoxia4	188	94-113	113-132	169-179
Normoxia5	190	95-114	114-133	171-181
Normoxia6	172	86-103	103-120	155-163
Normoxia7	183	92-110	110-128	165-174
Normoxia8	183	92-110	110-128	165-174
Normoxia9	177	89-106	106-124	159-168
Normoxia10	179	90-127	107-125	161-170
Normoxia11	172	86-103	103-120	155-163
Normoxia12	183	92-110	110-128	165-174
Normoxia13	181	91-109	109-127	163-172
Normoxia14	180	90-108	108-126	162-171
Normoxia15	174	87-104	104-122	157-165
Hypoxia16	188	94-113	113-132	169-179
Hypoxia17	182	91-109	109-127	164-173
Hypoxia18	183	92-110	110-128	165-174
Hypoxia19	185	93-111	111-130	167-176
Hypoxia20	180	90-108	108-126	162-171
Hypoxia21	186	93-112	112-130	167-177
HYpoxia22	188	94-113	113-132	169-179
Hypoxia23	179	90-127	107-125	161-170
Hypoxia24	185	93-111	111-130	167-176
Hypoxia25	190	95-114	114-133	171-181
Hypoxia26	174	87-104	104-122	157-165
Hypoxia27	177	89-106	106-124	159-168
Hypoxia28	180	90-108	108-126	162-171
Hypoxia29	179	90-107	107-125	161-170
Hypoxia30	175	88-105	105-123	158-166

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงค่าความหนักของการฝึกรายบุคคล คำนวณจากการทดสอบแรมพ์ ครั้งที่ 2

คนที่	อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	อบอุ่นและคลายอุ่น	กิจกรรมเบา	กิจกรรมหนัก
		50-60 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	60-70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	90-95 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
Normoxia1	187	94-112	112-131	168-178
Normoxia2	189	95-113	113-132	170-180
Normoxia3	190	95-114	114-133	171-181
Normoxia4	191	96-115	115-134	172-181
Normoxia5	190	95-114	114-133	171-181
Normoxia6	175	88-105	105-123	158-166
Normoxia7	188	94-113	113-132	169-179
Normoxia8	186	93-112	112-130	167-177
Normoxia9	182	91-109	109-127	164-173
Normoxia10	188	94-113	113-132	169-179
Normoxia11	177	89-106	106-124	159-168
Normoxia12	186	93-112	112-130	167-177
Normoxia13	181	91-109	109-127	163-172
Normoxia14	185	93-111	111-130	167-176
Normoxia15	177	89-106	106-124	159-168
Hypoxia16	195	98-117	117-137	176-185
Hypoxia17	183	92-110	110-128	165-174
Hypoxia18	186	93-112	112-130	167-177
Hypoxia19	187	94-112	112-131	168-178
Hypoxia20	185	93-111	111-130	167-176
Hypoxia21	192	96-115	115-134	173-182
HYpoxia22	195	98-117	117-137	176-185
Hypoxia23	183	92-110	110-128	165-174
Hypoxia24	192	96-115	115-134	173-182
Hypoxia25	195	98-117	117-137	176-185
Hypoxia26	178	89-107	107-125	160-169
Hypoxia27	183	92-110	110-128	165-174
Hypoxia28	184	92-110	110-129	166-175
Hypoxia29	185	93-111	111-130	167-176
Hypoxia30	182	91-109	109-127	164-173

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางรองรัก สุวรรณรัตน์

เกิด 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2507

สถานที่เกิด 136/78 หมู่ที่ 1 ตำบลพงสวาย อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

ปัจจุบันพักอยู่บ้านเลขที่ 178 หมู่ที่ 9 ตำบลชะอวด อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช

การศึกษา ปี พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาการโค้ชกีฬา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต เอกพลศึกษา (เกียรตินิยมอันดับ 2) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ปี พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนกาญจนานุเคราะห์ จังหวัดกาญจนบุรี

ปี พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์ จังหวัดราชบุรี

ปี พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนโยธินวิทยา จังหวัดราชบุรี

การทำงาน ปัจจุบันดำรงตำแหน่งครู คศ. 2 วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนชะอวดวิทยาคาร อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช