ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON LUNG FUNCTION AND REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS

Miss Piyaporn Sunthonghao

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล
โดย	นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปิยาภรณ์ สุนทองห้าว : ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล (EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON LUNG FUNCTION AND REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.วรรณพร ทองตะโก, 115 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 25 ปี ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีแรงต้านร่วมกับฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการทดลองทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent -T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) และค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) แตกต่างกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก แตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระดับของกรดแลคติกในเลือดลดลงแตกต่างกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งมีการลดลงของเวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบ RAST test แตกต่างกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5978315939 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: FUTSAL/RESPIRATORY MUSCLE TRAINING/LUNG FUNCTION/REPEAT SPRINT ABILITY/FATIGUE

PIYAPORN SUNTHONGHAO: EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON LUNG FUNCTION AND REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS. ADVISOR: WANNAPORN TONGTAKO, Ph.D., 115 pp.

Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of additional respiratory muscle training on lung function and repeated sprint ability in futsal players. Twenty-four male futsal players aged 18-25 years from Chulalongkorn University futsal club were randomized into 2 groups, control group (CG; n=12) and training group (TG; n= 12). Both CG and TG group was required to complete repeated sprint training and respiratory muscle training with and without loading, respectively, and repeated sprint ability 3 times a week for a period of 6 weeks. The dependent variables include lung function, respiratory muscle strength and repeated sprint ability were measured pre and post-test and analyzed by a paired t-test. Independent t-test was used to compare the variables between groups. Differences were considered to be significant at $p < .05$.

The results showed that after 6 weeks of respiratory muscle training, The FVC and MEP of TG group had significantly higher than pre-test ($p < .05$). In TG group, the MVV, MIP increased ($p < 0.05$) and latic acid level and sprint time decreased ($p < 0.05$) when compared to pre-test and CG group. Moreover, the peak anaerobic power of TG group had significantly higher than CG group ($p < .05$).

In conclusion, the present finding demonstrated that respiratory muscle training has beneficial effects on lung functions and repeated sprint ability in futsal players

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

Academic Year: 2017 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร. วรรณพร ทองตะโก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เป็นมากกว่าอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความเมตตา แนวคิดและคำปรึกษา รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ให้กำลังใจ ให้แรงผลักดันแก่ผู้วิจัยไม่ให้ย่อท้อต่ออุปสรรคเมื่อเจอปัญหา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร และอาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อคิด คำแนะนำ ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง รวมถึงขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์ อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกุล นายศราวุฒิ บุญปัญญา และนางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล ที่ช่วยแก้ไขปรับปรุง ตลอดจนคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตลอดจนให้ความรู้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัย อันส่งผลให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัย ผู้ฝึกสอน ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน ชมรมฟุตซอลชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตบัณฑิตศึกษา สำหรับความช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยเสมอมา

คุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แด่คุณตาคำสอน - คุณยายสุข สรรพ์สมบัติ ผู้ที่เป็นคุณตาคุณยายที่เป็นสุดที่รักยิ่ง คุณพ่ออ่อน – คุณแม่ดวน สุนทองห้าว ผู้เป็นบิดามารดา ครูบาอาจารย์และทุกท่านที่อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู และให้ความรู้ ตลอดทั้งให้กำลังใจ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

คำถามในการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

คำจำกัดความของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ประวัติและลักษณะการเล่น 9

สรีรวิทยาของกีฬาฟุตซอล 11

ระบบหายใจ 13

โครงสร้างของระบบหายใจ 13

กลศาสตร์ของการหายใจ 15

ปริมาตรและความจุปอด 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

สมรรถภาพปอด 22
สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ 23
การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ.....27
การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 27
กล้ามเนื้อหายใจกับการเกิดความเมื่อยล้า.....30
ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 31
การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 31
ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก 34
การทดสอบสมรรถภาพทางแอนแอโรบิก.....39
ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ.....40
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
งานวิจัยในประเทศ.....41
งานวิจัยในต่างประเทศ.....42
กรอบแนวคิดในการวิจัย 47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48
กลุ่มตัวอย่าง.....48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 50
การวิเคราะห์ข้อมูล 59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะข้อมูล.....61
ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา 62
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
สรุปผลการวิจัย 77
อภิปรายผลการวิจัย 78
ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ 81
รายการอ้างอิง 82
ภาคผนวก ก 91
ภาคผนวก ข 92
ภาคผนวก ค 94
ภาคผนวก ง 96
ภาคผนวก จ 104
ภาคผนวก ฉ 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายทันทีระดับปานกลางและเต็มที่....26

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการจับคู่ 49

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความหนักจากค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดเป็นระดับ (Level).....55

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุม 62

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มทดลอง.....63

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง.....64

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุม 65

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มทดลอง.....66

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....67

ตารางที่ 10 ตัวแปรของกรดแลคติกของกลุ่มควบคุม.....69

ตารางที่ 11 ตัวแปรของกรดแลคติกของกลุ่มทดลอง 70

ตารางที่ 12 ตัวแปรของกรดแลคติกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 71

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถ ด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 73

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถ ด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 74

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถ ด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบหายใจ 15
รูปที่ 2 ลักษณะของปอด 16
รูปที่ 3 กล้ามเนื้อหายใจ 17
รูปที่ 4 การหายใจเข้า – ออก 19
รูปที่ 5 ปริมาตรอากาศจากการหายใจลักษณะต่างๆ และความจุปอด 21
รูปที่ 6 เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) 22
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ 24
รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย 47
รูปที่ 9 รูปแบบการฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 55
รูปที่ 10 ขั้นตอนการฝึกของกลุ่มควบคุม 57
รูปที่ 11 ขั้นตอนการฝึกของกลุ่มทดลอง 58
รูปที่ 12 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 ค่าเฉลี่ย (X) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ...68

แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ย (X) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD)แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 69

แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ย (X) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) กรดแลคติกหลังฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 72

แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ย (X) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกก่อนฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....76

แผนภูมิที่ 6 ค่าเฉลี่ย (X) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) เวลาที่ใช้ในการทดสอบ RAST test ก่อนฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน กีฬาฟุตซอล (Futsal) เป็นกีฬาที่เป็นที่นิยมอย่างมากชนิดหนึ่งในทุกประเทศทั่วโลก โดยมีนักกีฬาฟุตซอลชายและนักกีฬาฟุตซอลหญิงมากกว่าสองล้านคนทั่วโลกที่เข้าร่วมในการแข่งขันกีฬาฟุตซอลลีกส์ และมีผู้เข้าชมการแข่งขันเป็นจำนวนมาก (Gioldasis 2016) กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการเล่นคล้ายกับกีฬาฟุตบอล (Soccer) สนามแข่งขันของกีฬาฟุตซอลมีขนาดความกว้าง 40 เมตร ยาว 20 เมตร และประตูกว้าง 3 เมตร สูง 2 เมตร ในการแข่งขันจะประกอบด้วยผู้เล่นจำนวน 2 ทีม ทีมละ 5 คน แบ่งเป็นผู้เล่นจำนวน 4 คน และผู้รักษาประตูจำนวน 1 คน ระยะเวลาในการแข่งขันแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ครึ่งเวลาแรกและครึ่งเวลาหลัง ซึ่งใช้ระยะเวลาช่วงละ 20 นาที และมีเวลาพักระหว่างครึ่ง 10 นาที โดยกีฬาฟุตซอลจะสามารถเปลี่ยนตัวผู้เล่นได้แบบไม่จำกัดจำนวนระหว่างการแข่งขัน (Barbero-Alvarez, Soto, Barbero-Alvarez, & Granda-Vera, 2008; Barbero-Alvarez et al., 2015; Gioldasis, 2016)

การวิเคราะห์เกมส์การแข่งขัน (Match analysis) พบว่ากีฬาฟุตซอลจัดเป็นชนิดของกีฬาที่ต้องใช้ความหนักระดับสูง (High intensity sport) ในระหว่างเกมส์การแข่งขันนั้นนักกีฬาต้องวิ่งเป็นระยะทางประมาณ 4,500 เมตร (Barbero-Alvarez, Subiela et al. 2015) โดยใช้ความหนักประมาณ 85-90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; HR_{max}) หรือ 75% Maximum oxygen consumption; VO_{2max}) (Castagna, Belardinelli et al. 2007) โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะอยู่ในช่วง 170 – 190 ครั้งต่อนาที ในระหว่างเกมส์การแข่งขัน และพลังงานที่ใช้ไป (Energy expenditure) อยู่ในช่วงประมาณ 250 – 350 แคลอรี่ (Calories) (Arins and da Silva 2007) โดยความทนทาน (Endurance) และความเร็ว (Speed) เป็นสององค์ประกอบที่สำคัญในนักกีฬาฟุตซอล (Burns 2003) ในปี ค.ศ. 2009 แคสตักนาและคณะ (Castagna, D'Ottavio et al. 2009) ศึกษาพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ (Repeated sprint) ที่มีความเร็วมากกว่า 18.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดในการวิ่งมากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนักที่สูงสุดในการวิ่งเท่ากับ 18.1 - 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Barbero-Alvarez, Soto et al. 2008) มีการสะสมความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) เท่ากับ 5.3-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร (Castagna et al., 2009; Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, & Yoopat, 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต่อมาในปี ค.ศ. 2015 แนสซิเมนโตะและคณะ (Nascimento, Lucas et al. 2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำช่วงระยะเวลาสั้นที่ส่งผลต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อและด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอลรุ่นอายุ 17 ปี ในช่วงฤดูการแข่งขัน จากกลุ่มตัวอย่าง 14 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 6 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน โดยกลุ่มการทดลองจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มมีการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 40 เมตร (Repeated maximal sprint test; 40-m MST) ผลการวิจัยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่จะเกิดขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) และประสิทธิภาพการกระโดดอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่ากรดแลคติกสูงสุด (Peak lactate) และระยะเวลาของการวิ่งลดลง นอกจากนั้น แกนทอยส์และคณะ (Gantois, Aidar et al. 2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกของนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอล จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18 – 24 ปี กลุ่มตัวอย่างทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 เมตร และการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่ง พบว่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเผาพลาญพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนส่วนใหญ่จะเป็นการออกแรงในการเริ่มต้น แต่แรงในการวิ่งซ้ำๆ จะให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายแอโรบิกมากขึ้น ดังนั้นนักกีฬาควรมีแบบแผนในการฝึกเพื่อพัฒนาทั้งสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก รวมไปถึงการประยุกต์ให้เข้ากับกีฬาที่มีความต้องการสมรรถภาพที่คล้ายๆ กันได้ โดยสมรรถภาพที่สอดคล้องกันในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ดูได้จากการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Recovery) ที่เพียงพอระหว่างการวิ่ง กรดแลคติก (Lactic acid) ที่เกิดจากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ จะส่งผลให้อัตราการระบายอากาศ (Ventilation) สูงขึ้นและเพิ่มความหนักของการรับรู้ความรู้สึกรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของความถี่และความลึกในการหายใจ ซึ่งเป็นการเพิ่มงานของการหายใจ และทำให้เกิดการหายใจลำบาก (Breathlessness) ขึ้น ซึ่งการเพิ่มการหายใจที่หนักขึ้นตามกิจกรรมของการวิ่งในการแข่งขันกีฬาฟุตซอลจึงเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญและส่งผลต่อผลงานของทีมได้ (Romer, McConnell et al. 2002) จะเห็นได้ว่าระบบหายใจจึงเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อนักกีฬาฟุตซอลเป็นอย่างมาก เนื่องจากสิ่งสำคัญของกีฬาที่มีการแข่งขันที่ความหนักสูงและช่วงระยะเวลาสั้นๆ ร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนมากเพื่อไปสันดาปให้เป็นพลังงาน และยิ่งปริมาณอากาศที่สามารถหายใจเข้าได้มากในระหว่างการออกกำลังกายจะมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้น ดังนั้นการพัฒนากล้ามเนื้อหายใจให้มีความแข็งแรง จะส่งผลให้ความจุปอดเพิ่มขึ้นเนื่องจากปอดขยายใหญ่ขึ้น การฟอกเลือดทำได้ดีขึ้น อัตราการหายใจต่ำลง ทำให้ปอดมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

ที่ผ่านมา มีการศึกษาพบว่าระบบหายใจมีผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและเล่นกีฬาทั้งในผู้ที่มีสุขภาพดีและนักกีฬา โดยเมื่อกล้ามเนื้อหายใจมีการทำงานหนักขึ้นจนกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) เกิดการเมื่อยล้า (Fatigue) ทำให้มีการไหลเวียนเลือดจากกล้ามเนื้อที่บริเวณใกล้เคียงมาที่กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (Mahajan, Kulkarni et al. 2012) โดยเมื่อออกกำลังกายที่ความหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้งานของการหายใจเพิ่มมากขึ้น หากความหนักยิ่งเพิ่มมากขึ้นกล้ามเนื้อหายใจจะมีความต้องการออกซิเจนมากขึ้น และกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Locomotor muscles) ก็มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้นเช่นเดียวกัน จึงทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างกล้ามเนื้อทั้งสองแห่งในการได้รับออกซิเจน (Harms et al., 1998; Wetter, Harms, Nelson, Pegelow, & Dempsey, 1999; Volianitis et al., 2001) ซึ่งกล้ามเนื้อกะบังลมต้องใช้แรงในการยกตัวและความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่มากกว่ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวส่วนอื่นๆ ดังนั้น กล้ามเนื้อกะบังลมจึงมีความต้องการออกซิเจนจำนวนมากที่ต้องมากพอ การเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายจึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อกะบังลมทำงานหนักมากขึ้น และนำไปสู่การเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลม (Vogiatzis, Georgiadou et al. 2007) ระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงหรือใช้เวลานาน กล้ามเนื้อหายใจโดยเฉพาะกล้ามเนื้อกะบังลมต้องมีการทำงานหนักขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการหายใจ (Breathing rate) และต้องทำงานอย่างหนักมากขึ้น จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งความเมื่อยล้าเกิดขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อกะบังลมไม่สามารถรักษาระดับของการทำงานในการที่จะหายใจเร็วและแรง จึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อกะบังลมเกิดการเมื่อยล้าขึ้น เพราะการเพิ่มอัตราการระบายอากาศต่อนาที (Minute ventilation) เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม เพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจ และมีการสร้างสารที่เกิดจากการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ที่ทำงานหรือการเกิดกรดแลคติกขึ้นนั่นเอง (Johnson, Babcock et al. 1993) การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training; RMT) สามารถช่วยเพิ่มความสามารถของนักกีฬาที่ต้องใช้ความหนักระดับสูงในการแข่งขัน ในการยืดระยะเวลาในการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลม และเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ (Sheel, 2002 ; Amonette & Dupler, 2002) และการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาโดยการช่วยปรับการไหลเวียนเลือดให้มีประสิทธิภาพขึ้นขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา (Gigliotti, Binazzi et al. 2006) ในปี ค.ศ. 2009 นิคและคณะ (Nicks, Morgan et al. 2009) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในนักกีฬาฟุตบอลได้ โรมเมอร์และคณะ (Romer, McConnell et al. 2002) ได้ทำการศึกษาโดยทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาที่ต้องมีการวิ่งด้วยความเร็วประกอบด้วยกีฬาฟุตบอล รักบี้ ฮอกกี้สนามหญ้า และบาสเกตบอล โดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นเวลา 6

สัปดาห์ พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery time) ในขณะที่ใช้ความหนักระดับสูง และความหนักสลับช่วง (Intermittent intensity) ซึ่งสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นช่วยลดปริมาณกรดแลคติกและการรับรู้การตอบสนองต่อการออกกำลังกาย โดยช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นตัวขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูง และออกกำลังกายแบบสลับช่วงในนักกีฬาที่ต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด โดยการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นตัวนั้นเป็นผลมาจากการพัฒนาร่วมกันระหว่างการที่กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าน้อยลงและความพยายามของระบบหายใจในการตอบสนองต่อความรู้สึกหรือการรับรู้ลดน้อยลง จึงทำให้นักกีฬาที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีสมรรถภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Volianitis et al., 2001; Romer et al., 2002) ในปี ค.ศ. 2016 ออซเมนและ คณะ (Ozmen, Gunes et al. 2017) ได้ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยฝึก 15 นาทีต่อวัน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) เพิ่มขึ้น แต่ค่าสมรรถภาพปอดไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการส่งผลถึงสมรรถภาพปอด (Lung functions) สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดและการฝึกกีฬานั้น ในปี ค.ศ. 2013 บาดามและคณะ (Badaam Khaled, Munibuddin et al. 2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการฝึกการออกกำลังกายแบบการใช้ออกซิเจน (Aerobic exercises) กับการฝึกวิ่งแบบหนักสลับเบา (Sprint interval training) ที่มีต่อสมรรถภาพปอด ผลการวิจัยพบว่าการวิ่งแบบหนักสลับเบามีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) นอกจากนี้ เออร์เซคและคณะ (Erceg, Grgantov et al. 2013) ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอลและนักกีฬาฟุตซอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่า นักกีฬาฟุตบอลมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ที่มากกว่านักกีฬาฟุตซอล

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพในนักกีฬาต่างๆ ที่ต้องใช้ความหนักระดับสูง ซึ่งกีฬาฟุตซอลก็เป็นชนิดกีฬาที่ใช้ความหนักในการแข่งขันระดับสูงและต้องใช้ความเร็วสูงสุดซ้ำๆ ในเกมส์การแข่งขัน จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจว่าจะส่งผลหรือไม่อย่างไรต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วย

ความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มสมรรถนะของนักกีฬาฟุตซอลในการแข่งขันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

คำถามในการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลอย่างไรต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก (Placebo) และฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น คือ การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

2.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

2.2.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา (Physiological variables) ได้แก่ น้ำหนัก (Body weight) ส่วนสูง (Height) ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Resting heart rate; HR_{rest}) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure; SBP) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure; DBP)

2.2.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด (Lung function variables) ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV)

2.2.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength variables) ได้แก่ ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP)

2.2.4 ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeat sprint ability variable) ได้แก่ การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) และการวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

คำจำกัดความของการวิจัย

นักกีฬาฟุตซอล (Futsal players) หมายถึง นักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 25 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeated sprint training; RST) หมายถึง การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทางสั้นๆ จำนวนหลายๆ เที่ยว ในการศึกษาในครั้งนี้ จะใช้ระยะทาง 40 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training; RMT) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยอุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breath) โดยใช้ความหนัก 50% ของค่าความดันสูงสุดขณะหายใจเข้า ทำการฝึกหายใจ จำนวน 30 ครั้ง 2 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

สมรรถภาพปอด (Lung function) หมายถึง การตรวจสมรรถภาพของปอด โดยการวัดค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ค่า

ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV1) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength) หมายถึง แรงดันอากาศที่เกิดขึ้นภายในทางเดินอากาศจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory pressure meter) โดยแสดงค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP)

ความเมื่อยล้า (Fatigue) หมายถึง การที่ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยกำลังในการหดตัวเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าลดลงอันเป็นผลมาจากงานที่ทำ

การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกด้วยการวิ่งเร็วระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 10 วินาที (Zagatto, Beck et al. 2009)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อได้ทราบถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลชาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ได้งานวิจัยที่เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลเพื่อศึกษาต่อยอดให้มีรูปแบบที่แปลกใหม่ต่อไป

3. เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทดลองเกี่ยวกับการฝึกกกล้ามเนื้อหายใจควบคู่กับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในชนิดกีฬาอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. กีฬาฟุตซอล
    1.1 ประวัติและลักษณะการเล่น
    1.2 สรีรวิทยาของกีฬาฟุตซอล
2. ระบบหายใจ
    2.1 โครงสร้างของระบบหายใจ
    2.2 กลศาสตร์ของการหายใจ
    2.3 ปริมาตรและความจุปอด
    2.4 สมรรถภาพปอด
    2.5 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ
3. การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ
    3.1 การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ
    3.2 การฝึกกล้ามเนื้อหายใจกับการเกิดความเมื่อยล้า
4. ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ
    4.1 ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก
    4.2 การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ
    4.3 การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์
    4.4 ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยในประเทศ
    5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กีฬาฟุตซอล

ประวัติและลักษณะการเล่น

กีฬาฟุตซอล (Futsal) เป็นกีฬาที่มีรูปแบบการเล่นที่เป็นไปด้วยความรวดเร็ว ผู้เล่นต้องมีเทคนิค และใช้ความสามารถเฉพาะตัวสูง มีทักษะการเล่นกับบอลที่ดีทั้งการรับบอล การส่งบอล การเลี้ยงบอล การป้องกัน และการยิงประตู ฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศแคนาดาตั้งแต่ปี ค.ศ.1854 เนื่องจากสภาพอากาศในช่วงฤดูหนาวมีหิมะปกคลุมทั่วบริเวณ ทำให้ยากแก่การเล่นฟุตบอลในสนามกลางแจ้ง จึงได้จัดให้มีการเล่นฟุตบอลในร่ม โดยใช้สนามแข่งขันบาสเกตบอลภายในยิมเนเซียม ซึ่งในเวลานั้นเรียกการเล่นฟุตบอลประเภทนี้ว่า “อินดอร์ซอคเกอร์” (Indoor soccer) หรือฟุตบอล 5 คน (Five-a-side soccer) โดยคำว่า ฟุตซอล (Futsal) มีรากศัพท์มาจากภาษาสเปนหรือภาษาโปรตุเกสที่เรียกคำว่า ซอคเกอร์ (Soccer) เป็น “ฟุตโบล (Futebol)” และภาษาฝรั่งเศสหรือสเปนเรียกอินดอร์ (Indoor) ว่า “ซาลอน (Salon)” หรือ “ซาลา (Sala)” เมื่อนำมารวมกันเกิดเป็นคำว่า “ฟุตซอล (Futsal)” เกมฟุตซอลได้รับความนิยมมากในประเทศแถบอเมริกาใต้ เช่น ประเทศบราซิล ประเทศปารากวัย ประเทศอุรุกวัย หรือในประเทศแถบยุโรป เช่น ประเทศสเปน ประเทศโปรตุเกส หรือประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น ปัจจุบันกีฬาฟุตซอลมีการจัดการแข่งขันถึงระดับชิงแชมป์โลก ภายใต้การรับรองการแข่งขันโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติหรือฟีฟ่า (Federation international football association; FIFA) (ฝ่ายวิชาการ, สกายบุ๊ก, 2547) กีฬาฟุตซอลมีการแข่งขันแตกต่างจากฟุตบอลที่เล่น 11 คนตรงที่ฟุตซอลนั้นแข่งขันในร่ม ขนาดสนามมีความกว้าง 20 x 40 เมตร และมีการเล่นที่ต้องใช้พลังและความสามารถตลอดการแข่งขัน โดยระยะเวลาในการแข่งขันแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ครึ่งเวลาแรกและครึ่งเวลาหลัง ครึ่งเวลาละ 20 นาที มีการพักระหว่างครึ่งเวลาแรกและครึ่งเวลาหลัง 10 นาที ซึ่งกีฬาฟุตซอลจัดเป็นกีฬาที่อยู่ในระดับความหนักสูงเป็นช่วงๆ (Intermittent high intensity) และระหว่างแข่งขันผู้เล่นต้องเปลี่ยนทิศทางและกิจกรรมทุกๆ 3.28 วินาที โดยไม่หยุดเล่น (Barbero-Álvarez, Soto Hermoso, Barbero-Alvarez, & Granda, 2008 ; Dixon, 2014)

สหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติกำหนดกติกาการเล่นและการแข่งขันกีฬาฟุตซอลขึ้นที่ทำให้มีลักษณะเกมการเล่นที่มีเอกลักษณ์และลักษณะเฉพาะ ซึ่งได้แก่เกมที่เน้นการส่งบอลเป็นหลัก มีการใช้ความเร็วในช่วงสั้นๆ ในการเล่นอย่างต่อเนื่อง มีการหมุนวนสลับตำแหน่งทดแทนกันในการเล่นตลอดเวลา เป็นเกมที่นักกีฬาต้องใช้ความคิดการแก้สถานการณ์เฉพาะหน้าและใช้สมาธิค่อนข้างสูง อีกทั้งนักกีฬาจะต้องมีการสื่อสารระหว่างผู้เล่นตลอดเวลาซึ่งจะต้องอาศัยการทำงานเป็นระบบทีม โดยผู้เล่นทั้ง 5 คนในสนามต้องทำงานประสานกันเพื่อทำประตูและป้องกันประตู บ่อยครั้งที่มีการเผชิญหน้าแบบตัวต่อตัวของผู้เล่นทั้งสองฝ่าย ซึ่งถือเป็นการพัฒนาเทคนิคการเล่นส่วนบุคคลในการ

เล่นเกมรุกและเกมรับ และด้วยลูกบอลที่มีขนาดเล็กแต่มีน้ำหนัก จึงช่วยให้ผู้เล่นเกิดการพัฒนาเทคนิคเฉพาะตัวได้ง่ายขึ้น อีกทั้งความเร็วของเกมการเล่นจะเป็นเงื่อนไขสำคัญที่บังคับให้ผู้เล่นต้องใช้เทคนิคการเล่นและการตัดสินใจที่รวดเร็ว ดังนั้นจึงเป็นการเสริมสร้างและพัฒนาให้นักกีฬาเกิดความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว รวมถึงปฏิกิริยาการตอบสนองที่ดีได้ นอกจากนั้น ในตำแหน่งของผู้รักษาประตูนักกีฬาจะได้เรียนรู้การทำ เกมรุกกับทีม และที่สำคัญคือช่วยให้ผู้รักษาประตูสามารถพัฒนาทักษะการเล่นบอลด้วยเท้าได้ดียิ่งขึ้น (Burns 2003)

บาร์เบโร อัลวาเรซและคณะ (Barbero-Álvarez, Soto Hermoso et al. 2008) ศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบกิจกรรมที่ใช้ในขณะแข่งขันของนักกีฬาฟุตซอลอาชีพของประเทศสเปน พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขันเฉลี่ยเท่ากับ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดย 83% ของเวลาทั้งหมดจะถูกใช้ไปกับกิจกรรมที่มีความหนักระดับสูงร้อยละ 16 ของเวลาทั้งหมดจะใช้ไปกับความหนักระดับปานกลางและร้อยละ 1.3 ของเวลาทั้งหมดใช้ไปกับความหนักระดับต่ำ และระยะทางทั้งหมดที่นักกีฬาเคลื่อนที่ตลอดทั้งเกม เฉลี่ยเท่ากับ 4,314 เมตรหรือคิดเป็น 117.3 เมตรต่อนาที นอกจากนั้นแคสตักนาและคณะ (Castagna, Belardinelli et al. 2007) ศึกษาพบว่านักกีฬาฟุตซอลใช้ระดับความหนักขณะแข่งขันเท่ากับ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเช่นกัน มีระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดเท่ากับ 5.3 มิลลิโมล/ลิตร และระยะทางทั้งหมดที่นักกีฬาเคลื่อนที่ในกิจกรรมต่างๆ ตลอดทั้งเกมเท่ากับ 4,840 เมตร แบ่งออกเป็น กิจกรรมการยืนอยู่กับที่ ร้อยละ 1 การเดินร้อยละ 21 การวิ่งด้วยความเร็วระดับต่ำ ร้อยละ 30 การวิ่งด้วยความเร็วระดับปานกลางร้อยละ 31 การวิ่ง ด้วยความเร็วระดับสูงร้อยละ 5 และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดร้อยละ 12 ของระยะทางทั้งหมด อีกทั้งนิรอมลี มะกาเจ (2555) พบว่านักกีฬาฟุตซอลไทยระดับชั้นเลิศใช้ระดับความหนักขณะแข่งขันประมาณ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ผู้เล่นจะใช้เวลาประมาณร้อยละ 80 ของเวลาทั้งหมดที่เคลื่อนที่โดยใช้ความหนักที่มากกว่า 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดขณะแข่งขันเท่ากับ 5.5 มิลลิโมล/ลิตร พลังงานทั้งหมดที่ใช้ตลอดการแข่งขันประมาณ 600 กิโลแคลอรี่ โดยระยะทางที่นักกีฬาเคลื่อนที่ตลอดทั้งเกมการแข่งขันประมาณ 5,100 เมตร แบ่งเป็นสัดส่วนของกิจกรรมการยืนอยู่กับที่ร้อยละ 4.2 การเดินร้อยละ 26.1 การวิ่งเหยาะร้อยละ 18 การวิ่งด้วยความเร็วระดับต่ำ ร้อยละ 19.4 การวิ่งด้วยความเร็วระดับปานกลางร้อยละ 17.1 การวิ่งด้วยความเร็วระดับสูง ร้อยละ 8.7 และการวิ่งด้วยความเร็วระดับสูงสุดร้อยละ 6.5

สรีรวิทยาของกีฬาฟุตซอล

จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการทางสรีรวิทยาของกีฬาฟุตซอล มาคาจและคณะ (Makaje, Ruangthai et al. 2012) สรุปว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีระดับความหนักของกิจกรรมค่อนข้างสูงและไม่ต่อเนื่อง นักกีฬาต้องวิ่งด้วยความเร็วที่ความหนักระดับสูงซ้ำกันติดต่อหลายเที่ยว และที่สำคัญมีช่วงระยะเวลาพักสั้นมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่นักกีฬาฟุตซอลต้องมีสมรรถภาพทางกายด้านความเร็วความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทนในระดับสูงเป็นพิเศษ ดังนั้นการเตรียมทีมฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตซอลอย่างมีประสิทธิภาพจึงต้องให้ความสำคัญกับการวางแผนการฝึกซ้อมด้านสมรรถภาพทางกายร่วมด้วย ซึ่งหากนักกีฬามีสมรรถภาพทางกายอยู่ในระดับดีแล้วจะส่งผลให้ความสามารถทั้งด้านเทคนิค ด้านแทคติค รวมไปถึงสมรรถภาพทางจิตใจที่ใช้ในขณะฝึกซ้อมและแข่งขันจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Bompa 1999)

นักกีฬาฟุตซอลต้องมีสมรรถภาพทางกายด้านความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ปฏิกิริยาตอบสนอง ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ความอดทนแบบแอโรบิก และความอดทนแบบแอนแอโรบิก ซึ่งในขณะแข่งขันนักกีฬาจะใช้องค์ประกอบสมรรถภาพทางกายในด้านดังกล่าวแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับทักษะและลักษณะกิจกรรมที่ใช้ ในขณะแข่งขัน นอกจากนั้นจากลักษณะธรรมชาติของรูปแบบการเล่นในกีฬาฟุตซอลที่ต้องมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ความสามารถในการเลี้ยงบอล ครอบครองบอล และเปลี่ยนทิศทางเพื่อหลบหลีกฝ่ายตรงข้าม จะเห็นได้ว่าสมรรถภาพทางกลไก (Motor fitness) ซึ่งเป็นความสามารถที่เกิดจากประสิทธิภาพจากการทำงานของระบบประสาทสั่งการและกล้ามเนื้อมีความสำคัญมาก โดยองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกลไกที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับกีฬาฟุตซอล ได้แก่ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาปฏิกิริยา และพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งขณะแข่งขันนักกีฬาต้องใช้องค์ประกอบดังกล่าวในระดับสูงมาก ดังนั้นการเสริมสร้างและพัฒนาสมรรถภาพทางกลไกรวมถึงการทดสอบและการประเมินผลจะเป็นกระบวนการและขั้นตอนที่สำคัญ โดยต้องมีการวางแผนและลงรายละเอียดอย่างถูกวิธีตามหลักวิชาการเนื่องจากเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้นักกีฬาประสบผลสำเร็จในการแข่งขันได้ (Burns 2003)

การวิเคราะห์เกมส์การแข่งขัน (Match analysis) ในกีฬาฟุตซอลพบว่าในระหว่างเกมส์การแข่งขันนั้นนักกีฬาต้องวิ่งเป็นระยะทางประมาณ 4,500 เมตร (Barbero-Alvarez, Subiela et al. 2015) โดยใช้ความหนักประมาณ 85-90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; HR_{max}) และ 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen

consumption; VO_{2max}) (Castagna, Belardinelli et al. 2007) โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะอยู่ในช่วง 170 – 190 ครั้งต่อนาที ในระหว่างเกมส์การแข่งขัน และพลังงานที่ใช้ไป (Energy expenditure) อยู่ในช่วงประมาณ 250 – 350 แคลอรี่ (Calories) (Arins and da Silva 2007) โดยความทนทาน (Endurance) และความเร็ว (Speed) เป็นสององค์ประกอบที่สำคัญในนักกีฬาฟุตซอล (Burns 2003) ซึ่งกีฬาฟุตซอลนั้นไม่เฉพาะความสามารถทางแอโรบิก (Aerobic performance) เท่านั้นที่สำคัญแต่ยังมีความต้องการความสามารถในทางแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) โดยมีการศึกษาพบว่าระบบเผาผลาญพลังงานของนักฟุตซอลแบบแอนโรบิกจะมีค่าสูงกว่านักฟุตบอล ซึ่งกีฬาฟุตซอลเป็นที่กีฬาที่มีช่วงความหนักที่สูงสลับกับช่วงพัก (Intermittent high intensity) จึงจะเห็นได้ว่ากระบวนการเผาผลาญแบบแอนแอโรบิกมีความเกี่ยวข้องสูงกับการแสดงสมรรถภาพของนักกีฬาในการแข่งขันกีฬาฟุตซอล (Rannou, Prioux, Zouhal, Gratas-Delamarche, & Delamarche, 2001; Lima, Silva, & Souza, 2005) นอกจากนั้น กีฬาฟุตซอลที่มีการวิ่งด้วยความเร็วซ้ำๆ ด้วยความหนักที่สูงตลอดการแข่งขันคล้ายกับกีฬาบาสเกตบอล และแฮนด์บอล ดังนั้นความสามารถของการแสดงออกทางด้านแอนแอโรบิกจึงเป็นตัวแปรสำคัญในประสิทธิภาพของกีฬานี้ (Lima, Silva et al. 2005) ในปี ค.ศ. 2009 แคสตักนาและคณะ (Castagna, D'Ottavio et al. 2009) ศึกษาพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ (Repeated sprint) ที่มีความเร็วมากกว่า 18.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดในการวิ่งมากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนักที่สูงสุดในการวิ่งเท่ากับ 18.1 - 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Barbero-Álvarez, Soto Hermoso et al. 2008) มีการสะสมความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) เท่ากับ 5.3-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร (Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012) สมรรถภาพที่สอดคล้องกันในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ดูได้จากการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Recovery) ที่เพียงพอระหว่างการวิ่ง กรดแลคติก (Lactic acid) ที่เกิดจากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ จะส่งผลให้อัตราการระบายอากาศ (Ventilation) สูงขึ้นและเพิ่มความหนักของการรับรู้ความรู้สึกรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของความถี่และความลึกในการหายใจ ซึ่งเป็นการเพิ่มงานของการหายใจ และทำให้เกิดการหายใจลำบาก (Breathlessness) ขึ้น ซึ่งการเพิ่มการหายใจที่หนักขึ้นตามกิจกรรมของการวิ่งในการแข่งขันกีฬาฟุตซอลจึงเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญและส่งผลต่อผลงานของทีมได้ (Romer, McConnell et al. 2002)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบหายใจ

ระบบหายใจเป็นระบบที่สำคัญของร่างกาย มีโครงสร้างประกอบด้วยท่อทางเดินอากาศ (Conducting airways) และปอด (Lungs) ทำหน้าที่เป็นทางเดินและพื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศภายนอกกับภายในร่างกาย ตามลำดับ โดยระหว่างการหายใจเข้า อากาศในบรรยากาศซึ่งมีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง และมีคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จะถูกนำเข้ามายังถุงลมปอด ในขณะที่เลือดซึ่งไหลมายังถุงลมปอดจะมีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ และมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอากาศในถุงลมปอด ถุงลมปอดมีผนังบาง และมีพื้นที่จำนวนมาก มีผลช่วยในการแพร่ของก๊าซออกซิเจนจากถุงลมปอดเข้าสู่เลือด และการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดเข้าสู่ถุงลมปอด ในระหว่างการหายใจออก อากาศในถุงลมซึ่งขณะนี้มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นและมีออกซิเจนลดลง ก็จะถูกระบายออกสู่บรรยากาศ การรับออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายและการระบายคาร์บอนไดออกไซด์จากร่างกายออกสู่ภายนอกนี้เรียกว่า การหายใจภายนอก (External respiration) หรือการหายใจระดับปอด (Pulmonary respiration) ส่วนการที่เซลล์ต่างๆ รับเอาออกซิเจนจากของเหลวที่ล้อมรอบเซลล์เข้าไปใช้สันดาปอาหารภายในเซลล์และขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกนอกเซลล์นั้นเรียกว่า การหายใจภายในเซลล์ (Internal respiration) หรือการหายใจระดับเซลล์ (Cellular respiration) โดยระบบไหลเวียนจะช่วยทำหน้าที่เป็นระบบขนส่งภายในที่มีประสิทธิภาพ เชื่อมโยงระหว่างบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เส้นเลือดฝอยของปอดและเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกาย (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2552)

โครงสร้างของระบบหายใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบหายใจแบ่งโครงสร้างเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศ และส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ (วรรณพร ทองตะโก 2558) ดังรูปที่ 1

1. ส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศประกอบด้วยท่อทางเดินอากาศส่วนบน (Upper airways) ได้แก่ จมูก (Nose) โพรงจมูก (Nasal cavity) ปาก (Mouth) คอหอย (Pharynx) กล่องเสียง (Larynx) ท่อทางเดินอากาศส่วนล่าง (Lower airways) ได้แก่ หลอดลมใหญ่ (Trachea) หลอดลมเล็ก (Bronchi) หลอดลมฝอย (Bronchioles) หลอดลมฝอยส่วนปลาย (Terminal bronchioles)

- จมูก ช่องจมูกมีเยื่อบุผิว 2 ชนิด ได้แก่ เรสพิราทอรีมิวโคซา (Respiratory mucosa) ทำหน้าที่สร้างมูกเพื่อให้ผิวชื้น และมีขนทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือผงเล็กๆ และโอลแฟคทอรีอิพิทีเลียม (Olfactory epithelium) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับกลิ่นโพรงจมูก

- คอหอย แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คอหอยหลังโพรงจมูก (Nasopharynx) มีหน้าที่ทำความสะอาดอากาศที่หายใจเข้าไป คอหอยหลังช่องปาก (Oropharynx) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการกลืน และคอหอยหลังกล่องเสียง (Laryngopharynx) จะต่อกับหลอดอาหารโดยมีฝาปิดกล่องเสียงคอยปิดไม่ให้อาหารตกลงไปในกล่องเสียง

- กล่องเสียง เป็นทางเดินของอากาศเข้าสู่ปอดและเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปล่งเสียง

- หลอดลมใหญ่ จะต่อเนื่องมาจากกล่องเสียงที่อยู่ด้านบนและแยกออกเป็นหลอดลมเล็กส่วนต้น 2 อันซ้ายและขวาเข้าไปสู่ปอดทั้งสองข้าง

- หลอดลมเล็ก เป็นท่อที่แตกแขนงของหลอดลมใหญ่ ได้เป็นหลอดลมเล็กส่วนต้นซ้ายและขวาซึ่งอยู่ภายนอกเนื้อปอด และเมื่อแทงเข้าเนื้อปอดแต่ละข้างจะแตกแขนงออกเป็นท่อที่มีขนาดเล็กลงเป็นหลอดลมเล็กส่วนที่สอง

- หลอดลมฝอย เป็นแขนงย่อยที่แตกออกมาจากหลอดลมเล็กส่วนที่สาม

- หลอดลมฝอยส่วนปลาย เป็นจุดสิ้นสุดของส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศ จะพบเซลล์คลาร่า ทำหน้าที่หลั่งโปรตีนเพื่อปกป้องเยื่อบุจากสารพิษ และเกี่ยวข้องกับการขนส่งคลอไรด์ไอออน

2. ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respiratory division) ประกอบด้วย หลอดหายใจฝอย (Respiratory bronchioles) ท่อถุงลม (Alveolar duct) ถุงลมใหญ่ (Alveolar sac) และถุงลมเล็ก (Alveoli)

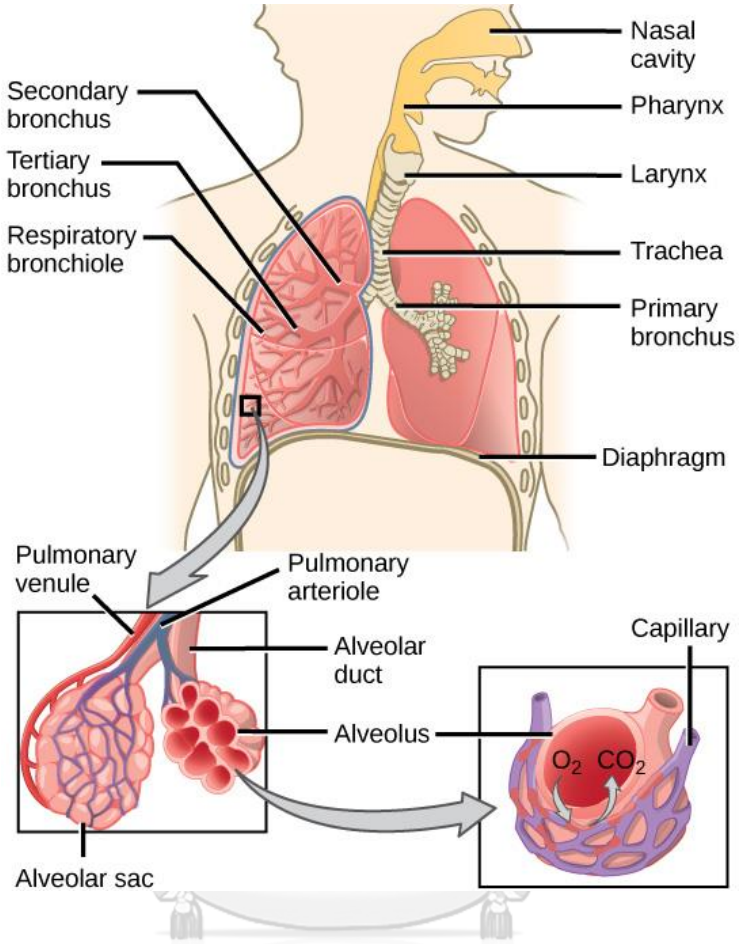
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- หลอดหายใจฝอย เป็นจุดเริ่มต้นของส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ พบถุงลมมาเปิดเข้าที่ท่อ

- ท่อถุงลม เกิดจากการที่หลอดหายใจฝอยแตกแขนงออกอีก 2-3 ครั้ง ส่วนนี้เป็นท่อที่มีถุงลมหลายๆ อันมาเปิด

- ถุงลมใหญ่ ต่อเนื่องมาจากท่อถุงลม ลักษณะคล้ายกับพวงองุ่นทั้งพวง

- ถุงลมเล็ก จะแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ถุงลมชนิดที่ 1 (Alveolar cell type I) ช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซ และเซลล์ถุงลมชนิดที่ 2 (Alveolar cell type II) ทำหน้าที่สร้างสารลดแรงตึงผิวของถุงลม



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบหายใจ

(ที่มา : http://cnx.org/content/m48764/latest/Picture%202.jpg)

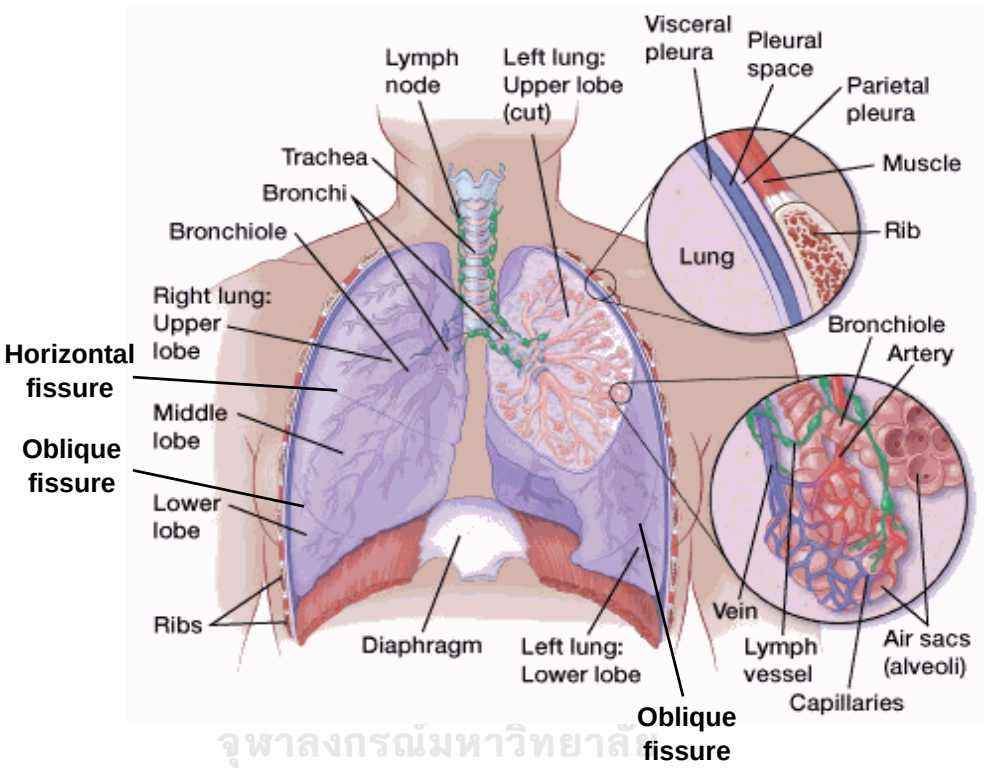
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลศาสตร์ของการหายใจ

<u>โครงสร้างของทรวงอก</u>

ปอดจะตั้งอยู่ภายในทรวงอก (Thoracic cavity) ซึ่งมีผนังทรวงอก (Chest wall) ทำหน้าที่ป้องกันปอดจากการกระทบกระเทือนช่องอก ผนังทรวงอกประกอบด้วย กระดูกซี่โครง (Rib) จำนวน 12 คู่ กระดูกสันอก (Sternum) กล้ามเนื้อลายที่ยึดอยู่ระหว่างกระดูกซี่โครง (Intercostal muscle) กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic vertebrae) กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) รวมไปถึงกล้ามเนื้อเกี่ยวพันที่เกี่ยวข้อง (สุวรรณา หังสพฤกษ์ และปุณฑริกา สุวรรณประเทศ, 2548)

ปอดมีรูปร่างคล้ายกรวยคว่ำ มี 2 ข้าง ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยช่องว่างตรงกลางที่เรียกว่า มีดิแอสไทนัม (Mediastinum) จะเป็นที่อยู่ของโครงสร้างต่างๆ ได้แก่ หัวใจ หลอดอาหาร หลอดลมใหญ่ หลอดลมเล็กส่วนต้น ต่อมธัยมัส และหลอดเลือดใหญ่ (Aorta, Superior vena cava, Inferior vena cava, Pulmonary vessels) มีส่วนยอด (Apex) ยื่นขึ้นไปด้านบนติดกับกระดูกไหปลาร้า (Clavicle) มีส่วนฐานวางอยู่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2 ลักษณะของปอด

(ที่มา : http://www.cancer.org/acs/groups/cid/documents/webcontent/~export/003061-2~18~dyn_acs_cid_template/173163-1.gif)

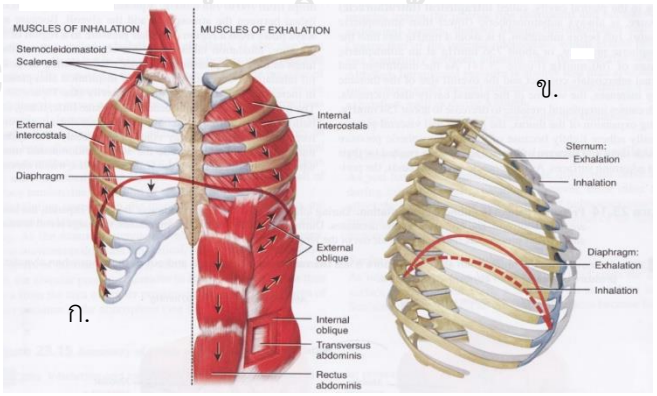
บนกะบังลม (Diaphragm) ผิวด้านหน้าของปอดข้างซ้ายจะมีบริเวณหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นรอยเว้าอยู่ติดกับหัวใจ (Cardiac notch) ส่วนผิวด้านนอกของปอดจะอยู่ติดกับกระดูกซี่โครง (Ribs) ปอดแต่ละข้างจะมีการแบ่งออกเป็นพู (Lobe) โดยอาศัยร่อง (Fissure) ซึ่งแต่ละข้างจะมีร่องออบลิก (Oblique fissure) แบ่งปอดออกเป็นด้านบน (Superior lobe) และด้านล่าง (Inferior lobe) แต่ในปอดข้างขวาจะพบร่องฮอริซอนทัล (Horizontal fissure) แบ่งปอดด้านบนแยกออกมาอีก 1 พู (Middle lobe) ดังนั้นปอดด้านขวาจะมี 3 พู ได้แก่ พูด้านบน พูตรงกลาง และพูด้านล่าง ส่วนปอดด้านซ้ายจะ

มี 2 พู ได้แก่ พูด้านบน และพูด้านล่าง ปอดแต่ละข้างจะถูกหุ้มด้วยถุงเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีผนัง 2 ชั้น เรียกว่า เยื่อหุ้มปอด (Pleura) แต่ละชั้นถูกบุด้วยเนื้อเยื่อบุผิวชนิดเซลล์รูปร่างแบนเรียงตัวชั้นเดียว (Simple squamous epithelium) เยื่อหุ้มปอดประกอบด้วยผนังชั้นนอก (Parietal pleura) อยู่ติดกับผนังของช่องอก และผนังชั้นใน (Visceral pleura) อยู่แนบชิดกับเนื้อปอด ระหว่างสองชั้นนี้จะมีช่องว่างแคบๆ (Pleura space) แทรกอยู่ ภายในช่องว่างเป็นที่อยู่ของของเหลว (Pleura fluid) ที่สร้างมาจากเยื่อหุ้มปอด ของเหลวนี้ช่วยในการลดแรงเสียดทานระหว่างชั้นของเยื่อหุ้มปอดทั้ง 2 ชั้น ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการหายใจทำให้ปอดมีการหดและขยายตัว (คณาจารย์ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2555) (รูปที่ 2)

<u>กล้ามเนื้อหายใจ</u>

การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจต้องอาศัยสัญญาณประสาทยนต์ (Motor nerve impulse) จากศูนย์การหายใจ (Respiratory center) ประสาทที่นำสัญญาณจะมีการสื่อประสาท (Synapse) ที่เซลล์ประสาทของไขสันหลัง (Anterior horn cell) ซึ่งจะทำให้ประสาทยนต์ (Motor nerve) ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหายใจ บางส่วนของสัญญาณประสาทจะมาจากสมองส่วนบนของคอร์เทค (Cortex) โดยตรง กล้ามเนื้อหายใจ แบ่งเป็น 2 ประเภท (สุวรรณา หังสพฤกษ์ และปุณฑริกา สุวรรณประเทศ, 2548) (รูปที่ 3) ได้แก่

1. กล้ามเนื้อหายใจเข้า (Inspiratory muscle) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจเข้า
2. กล้ามเนื้อหายใจออก (Expiratory muscle) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจออกเมื่อมีการหายใจเพิ่มขึ้นกว่าปกติ



รูปที่ 3 ก. กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ ข. การเปลี่ยนขนาดของช่องอกขณะหายใจ

(ที่มา : Tortora and Derrickson, 2011)

รูปที่ 3 กล้ามเนื้อหายใจ

กล้ามเนื้อหายใจเข้า (Inspiratory muscle) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) เป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญที่สุด ร้อยละ 75 ของอากาศที่หายใจเข้าเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม อีกร้อยละ 25 เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอก (External intercostals) ขณะหายใจออกกล้ามเนื้อกะบังลมจะมีลักษณะเป็นรูปโค้ง (Dome shape) ขณะหายใจเข้ากะบังลมหดตัวเคลื่อนต่ำลงทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางแนวตั้ง ของทรวงอกเพิ่มขึ้น ทำให้อากาศผ่านเข้าสู่ปอดได้มากขึ้น (รูปที่ 3. ข.) กล้ามเนื้อกะบังลมเลี้ยงโดยเส้นประสาทเฟอร์นิค (Phrenic nerves)

2. กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอก (External intercostals muscle) เมื่อหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงทางด้านหน้าเคลื่อนขึ้นด้านบนและออกไปทางด้านหน้า กล้ามเนื้อนี้มีความสำคัญน้อยในการหายใจแบบปกติ แต่ช่วยให้ทรวงอกแข็งแรงขึ้น กล้ามเนื้อนี้เลี้ยงโดยเส้นประสาทอินเตอร์คอสตอลร์ (Intercostals nerve)

3. กล้ามเนื้อช่วยหายใจเข้า (Accessory muscle of inspiration) ที่สำคัญ ได้แก่ กล้ามเนื้อ สเคลีน (Scalene) และกล้ามเนื้อสเตอร์โนไคลโดมาสตอยด์ (Sternocleidomastoid) กล้ามเนื้อช่วยจะเริ่มทำงานเมื่ออัตราการระบายอากาศ (Ventilation) เพิ่มขึ้น 50-100 ลิตร/นาที เช่น ขณะออกกำลังกาย การไอ การจาม หรือมีพยาธิสภาพจากการอุดกั้นทางเดินอากาศ เช่น โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น

กล้ามเนื้อหายใจออก (Expiratory muscle) ประกอบด้วย

การหายใจออกปกติเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้พลังงาน (Passive) เกิดจากการที่ทรวงอกและปอด หดตัว (Recoil) กลับที่ เมื่อการหายใจเพิ่มขึ้นจะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจออก เช่น ขณะออกกำลังกาย หรือเมื่อปอดมีพยาธิสภาพอุดกั้นทางเดินอากาศ กล้ามเนื้อหายใจออก ได้แก่

กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Abdominal muscle) เป็นกล้ามเนื้อหายใจออกที่สำคัญที่สุด ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหน้าท้องด้านข้าง (External and Internal Oblique) กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Rectus abdominis) และกล้ามเนื้อหน้าท้องชั้นใน (Transverses abdominis)

กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านใน (Internal intercostals) ขณะหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงเคลื่อนต่ำลงและเข้าด้านในและช่วยทำให้ทรวงอกแข็งแรงขึ้น

<u>การหายใจเข้า-ออก</u>

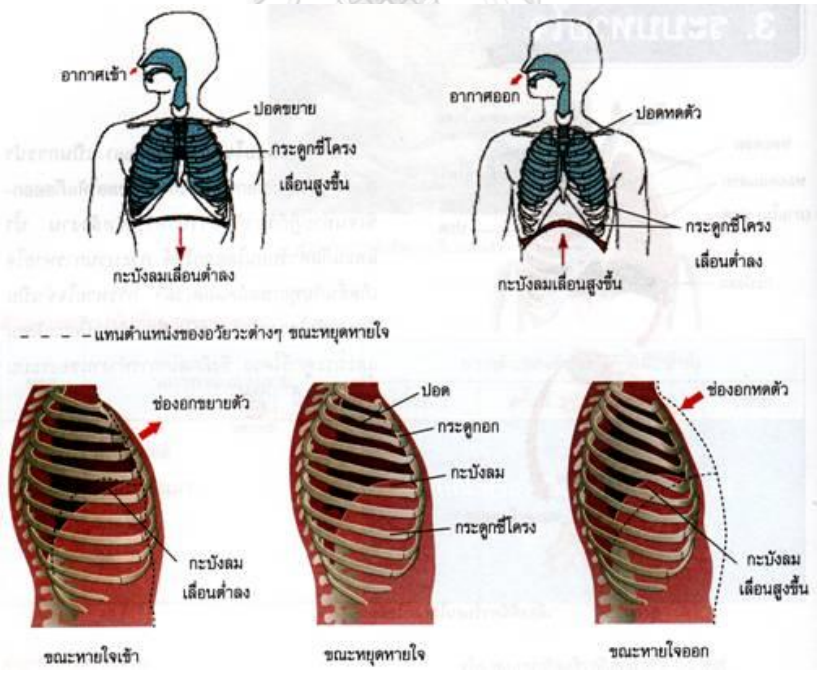
ในขณะหายใจเข้า ปริมาตรของช่องอกจะเพิ่มมากขึ้นโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม และกะบังลมจะเลื่อนต่ำลงตอบสนองต่อสัญญาณประสาทเฟอร์นิค นอกจากนี้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอก ซึ่งตอบสนองต่อเส้นประสาทอินเตอคอสตอล ทำให้กระดูกซี่โครงเลื่อนสูงขึ้นและกางออก เป็นการช่วยเพิ่มปริมาตรทรวงอกทั้งด้านหน้า-หลัง และทางด้านข้าง เมื่อทรวงอกเพิ่มปริมาตรขึ้น เนื้อเยื่อปอดซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ดีจะถูกดึงให้มีการขยายปริมาตรไปด้วย ความดันอากาศในถุงลมหรือบริเวณรอบๆ ปอดลดต่ำลงกว่าความดันบรรยากาศ อากาศภายนอกจึงเคลื่อนเข้าสู่จมูก หลอดลม และไปยังถุงลมปอด เกิดการหายใจเข้า จนกระทั่งความดันในถุงลมปอดสูงขึ้นเท่ากับ

ความดันบรรยากาศอีกครั้ง อากาศจึงหยุดไหล ถือเป็นการสิ้นสุดการหายใจเข้า (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2552)

ในขณะการหายใจออก เกิดขึ้นเมื่อมีการคลายตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง โดยกะบังลมจะเลื่อนสูง กระดูกซี่โครงจะเลื่อนต่ำและแคบลง ทำให้ปริมาตรของช่องอกลดน้อยลง ปอดจะหดตัวกลับลดปริมาตรลง ทำให้ความดันอากาศภายในถุงลมและบริเวณรอบ ๆ ปอดสูงกว่าความดันบรรยากาศ อากาศภายในถุงลมปอดจึงเคลื่อนที่จากถุงลมปอดไปสู่หลอดลมและออกทางจมูก เกิดเป็นการหายใจออก จนกระทั่งความดันในถุงลมปอดมีค่าลดลงเท่ากับความดันบรรยากาศอีกครั้ง อากาศจึงหยุดไหล ถือเป็นการสิ้นสุดการหายใจออก ดังรูปที่ 4. (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2552)

<u>การควบคุมการหายใจ</u>

การหายใจปกติเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยจะนำอากาศบริสุทธิ์เข้าถุงลมเพื่อการแลกเปลี่ยนแก๊ส การหายใจจะเปลี่ยนแปลง คือ เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อให้อัตราการระบายอากาศพอเพียงกับความต้องการของร่างกายที่จะนำไปใช้เกี่ยวกับเมแทบอลิซึมขณะนั้น เพื่อรักษาความดันของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงและในถุงลมให้คงที่ การหายใจมีความสำคัญมากดังกล่าว จึงต้องมีกลไกควบคุมการหายใจที่สำคัญ มี 3 กลไกซึ่งจะทำงานร่วมกันตลอดเวลา ได้แก่ (สุวรรณา หังสพฤกษ์ และปุณฑริกา สุวรรณประเทศ, 2548)



รูปที่ 4 การหายใจเข้า – ออก

(ที่มา: https://sites.google.com/site/bodybalanceu/kar-sud-lm-hayci-laea-kar-laek-peliyn-kaes)

1. การควบคุมการหายใจโดยศูนย์ประสาท (Neurogenesis of Breathing) ได้แก่ การทำงานของศูนย์หายใจและสมองส่วนสูงขึ้นไป

2. การควบคุมโดยรีเฟล็กซ์ อาศัยสัญญาณนำเข้า (Afferent impulse) จากที่ต่าง ๆ ช่วยปรับเปลี่ยนการทำงานของศูนย์หายใจ

3. การควบคุมโดยสารเคมี อาศัยสารเคมี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และไฮโดรเจนไอออนในเลือด ควบคุมการทำงานของศูนย์หายใจ

ปริมาตรและความจุปอด

ปริมาตรปอด

การวัดปริมาตรของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าออก และความจุปอด สามารถวัดได้จากการใช้เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) ปริมาตรอากาศจากการหายใจลักษณะต่างๆ (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2552) (รูปที่ 5.)

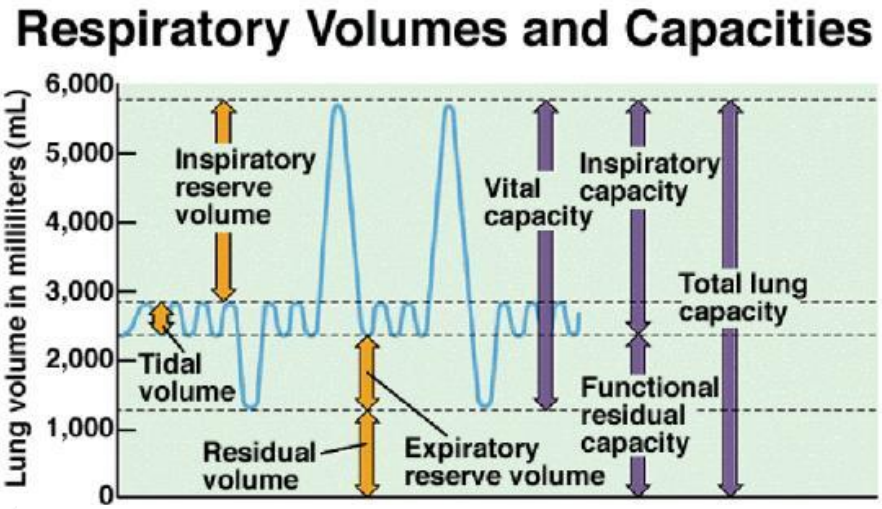
- ปริมาตรหายใจปกติ (Tidal volume; TV หรือ V_T) คือปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าหรือออกจากปอดในการหายใจปกติ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 500 มิลลิลิตร

- ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง (Inspiratory reserve volume; IRV) คือปริมาตรอากาศที่เกินจากปริมาตรหายใจเข้าปกติ (TV) ในการหายใจเข้าเต็มที่ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 3,000 มิลลิลิตร

- ปริมาตรหายใจออกสำรอง (Expiratory reserve volume; ERV) คือปริมาตรอากาศที่เกินจากปริมาตรหายใจออกปกติ (TV) ในการหายใจเข้าเต็มที่ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 1,300 มิลลิลิตร

- ปริมาตรตกค้าง (Residual volume; RV) คือปริมาตรอากาศที่ยังเหลือตกค้างอยู่ในปอดหลังจากหายใจออกเต็มที่แล้ว ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 1,200 มิลลิลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 5 ปริมาตรอากาศจากการหายใจลักษณะต่างๆ และความจุปอด
(ที่มา : Gunstream, 2013)

<u>ความจุปอด</u>

- ความจุหายใจเข้า (Inspiratory capacity; IC) คือปริมาตรอากาศจากการหายใจเข้าลึกที่สุดหลังจากการหายใจออกปกติ ซึ่งมีค่าเป็นผลรวมของปริมาตรหายใจปกติและปริมาตรหายใจเข้าสำรอง

- ความจุปอดปกติ (Vital capacity; VC) คือปริมาตรอากาศจากการหายใจเข้าลึกที่สุดหลังจากการหายใจออกเต็มที่แล้ว (หรือปริมาตรหายใจออกเต็มที่หลังจากหายใจเข้าลึกที่สุดแล้ว 1 ครั้ง) ซึ่งมีค่าเป็นผลรวมของปริมาตรหายใจปกติ ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง และปริมาตรหายใจออกสำรอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ความจุปอดตกค้าง (Functional residual capacity; FRC) คือปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ในปอดหลังจากการหายใจออกปกติ เป็นผลรวมของปริมาตรหายใจออกสำรองกับปริมาตรตกค้าง

- ความจุปอดรวม (Total lung capacity; TLC) คือปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ปอดจุได้ เป็นผลรวมของความจุปอดปกติและปริมาตรตกค้าง

สมรรถภาพปอด

สมรรถภาพปอด เป็นการบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของปอด ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาตรของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าออกและความจุปอด โดยใช้เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) ดังรูปที่ 6.

รูปที่ 6 เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer)

การทดสอบการทำงานของสมรรถภาพปอด (Lung function test) (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)

1. การวัดปริมาตรหายใจสูงสุดต่อนาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) ให้ผู้ทดสอบหายใจให้ลึกที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เป็นเวลา 15 วินาที แล้วนำมาคำนวณหาปริมาตรอากาศเป็นลิตร/นาที เพื่อเทียบกับค่าปกติซึ่งอยู่ในช่วง 120 - 200 ลิตร/นาที การทดสอบนี้แสดงถึงสมรรถภาพของกล้ามเนื้อช่วยในการหายใจและความต้านทานของท่อทางเดินอากาศว่าอยู่ในระดับปกติหรือไม่

2. การวัดปริมาตรหายใจออกเต็มที่ (Force expiratory volume; FEV) ให้ผู้ทดสอบหายใจเข้าลึกที่สุด แล้วหายใจออกแรงที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้ววัดปริมาตรอากาศและเวลาของการหายใจออกไว้ นิยมใช้ค่าในช่วง 1 วินาที (FEV1) ค่านี้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจออกมีความผิดปกติ

3. การวัดอัตราการหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate; PEFR) ให้ผู้ทดสอบหายใจออกอย่างเต็มที่ผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter) ถ้ามีค่าต่ำกว่าปกติ (350 – 500 ลิตร/นาที) จะแสดงถึงการเพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศต่อการหายใจออกหรือการลดแรงพยายามหดตัวกลับของปอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

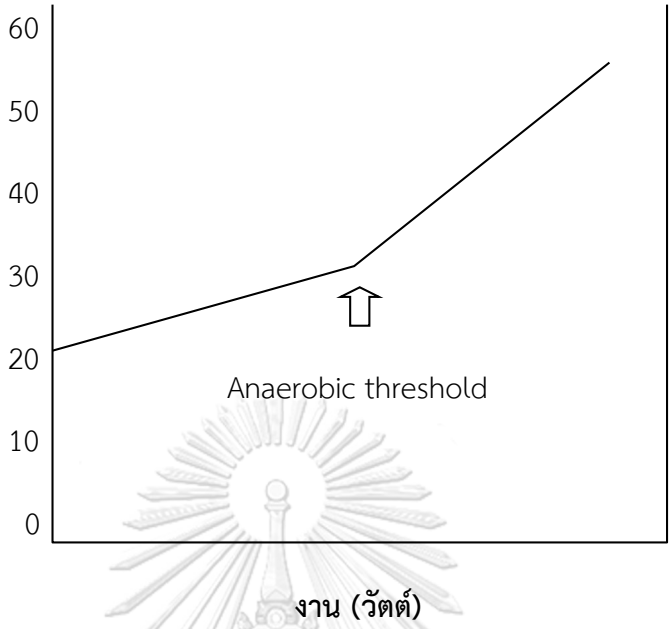
สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ

ระบบหายใจมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองต่อการเผาผลาญพลังงานที่สูงขึ้น อัตราการใช้ ออกซิเจนสูงขึ้นและอัตราการขับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจเกิดขึ้นกับทุกกระบวนการของการหายใจคือ มีการเพิ่มความลึกและอัตราการหายใจ (เพิ่มการระบายอากาศ) เพิ่มเลือดที่ไหลไปสู่ปอด (เพิ่มการกำซาบ) และเพิ่มอัตราการแพร่ของแก๊สระหว่างถุงลมและหลอดเลือดฝอย (เพิ่มสมรรถนะการแพร่) รายละเอียดดังต่อไปนี้ (วิรุฬห์ เหล่าเกษม , 2537)

1. การระบายอากาศระหว่างการออกกำลังกาย การระบายอากาศ (Ventilation) ปกติปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกประมาณ 5-6 ลิตร/นาที เมื่อออกกำลังกายปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกจะเพิ่มได้มากถึง 100-150 ลิตร/นาที ทั้งนี้เกิดจากการหายใจที่ลึกและเร็วขึ้น พบว่าปริมาตรอากาศต่อการหายใจ 1 ครั้ง (Ventilation capacity) เพิ่มขึ้นได้ถึง 6 เท่าของปกติ และอัตราการหายใจต่อ 1 นาทีอาจเพิ่มขึ้นได้ 6 เท่าของปกติ ถ้าออกกำลังกายระดับเบาหรือปานกลางจะหายใจเข้าออกลึก นักกีฬาจะหายใจแรงแต่ไม่ค่อยเร็วมากนัก แต่ถ้าต้องออกกำลังกายหนักขึ้น การหายใจเข้าออกลึกๆ จะเพิ่มขึ้นได้อีก แต่มีข้อจำกัดจากปริมาตรปอดของแต่ละคน การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจึงต้องเพิ่มที่อัตราการหายใจแทน ทำให้นักกีฬาหายใจหอบสั้นๆ และเร็ว โดยปกติการเพิ่มขึ้นของอัตราการระบายอากาศจะเพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางการเผาผลาญพลังงาน แต่จะเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อความต้องการพลังงานนั้นเข้าสู่ขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) นั่นคือ อัตราการระบายอากาศจะมากกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อนาที

การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศยังขึ้นอยู่กับชนิดและความหนักเบาของการออกกกำลังกาย โดยการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศในการออกกำลังกายที่หนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Progressive exercise) การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจะเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางแมแทบอลิซึม (อัตราใช้ออกซิเจนและอัตราการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์) จนกระทั่งถึงจุดที่ร่างกายเปลี่ยนมาใช้เมทาบอลิซึมแบบแอนแอดรบิก เป็นต้นตอหลักของพลังงาน นั่นคือ เมื่อออกำลังกายหนักเกือบเต็มที่จะมีการเพิ่มอัตราการระบายอากาศมากกกว่าอัตราใช้ออกซิเจนต่อนาที เพราะร่างกายเปลี่ยนไปใช้เมแทบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจนแล้ว จุดนี้เรียกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก ดังรูปที่ 7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ
(ที่มา: รัตนวดี ณ นคร, มปป.)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศในการออกกำลังที่หนักเท่ากันตลอด (Steady state exercise) อัตราการระบายอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงคือระยะก่อนเริ่มการออกกำลังกาย อัตราการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นเร็ว เนื่องจากการกระตุ้นของสมองส่วนซีรีบรัมคอร์เท็กซ์ (Cerebral cortex) ระหว่างการออกกกำลังใน 2-3 วินาทีแรก จะมีการเพิ่มการระบายอากาสอย่างรวดเร็วมาก ต่อมาจะเพิ่มช้าลงถึงระดับคงที่ (ในกรณีออกกำลังระดับต่ำกว่าระดับเต็มที่) หรือเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลัง (ในกรณีออกกำลังเต็มที่) ในระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังสิ้นสุดระยะแรกการระบายอากาศจะลดลงรวดเร็วและต่อมาจะลดช้าลงเข้าสู่ระดับพัก

การควบคุมการระบายอากาศระหว่างการออกกำลังกาย เกิดได้จากหลายๆ ปัจจัยร่วมกัน แบ่งได้เป็น

1. ปัจจัยทางประสาท ซึ่งได้แก่ พลังประสาทจากศูนย์ขั้นสูงในสมองที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ ความตั้งใจและความคิด และพลังประสาทจากตัวรับในกล้ามเนื้อและข้อต่อ ไป

มีผลต่อศูนย์หายใจ ทำให้มีการเพิ่มการระบายอากาศ อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย

2. ปัจจัยทางเคมี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนไอออน และอุณหภูมิ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการระบายอากาศอย่างช้าๆ เนื่องจากเป็นที่น่าประหลาดใจว่าระดับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในระหว่างการออกกำลัง นักวิจัยจึงเชื่อว่าภาวะทางเคมีในศูนย์หายใจของสมอง อาจแตกต่างไปจากในระบบไหลเวียนเลือดทั่วไป โดยศูนย์หายใจจะมีความไวเพิ่มขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของความดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (Pco_2) เมื่อหยุดออกกำลังกายแล้วการระบายอากาศจะต้องเพิ่มกว่าระดับปกติ ต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อให้ได้ออกซิเจนไปใช้หนี้ ระยะนี้การระบายอากาศจะถูกกระตุ้นโดย pH ที่ต่ำลงของเลือดเนื่องจากมีการคั่งของกรดแล็กติก

2. การกำซาบ (Perfusion) หรือปริมาตรเลือดที่ไปสู่ปอดเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซจะเพิ่มขึ้นและหลอดเลือดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น

3. สมรรถนะการแพร่ (Diffusion capacity) หมายถึง ปริมาณของก๊าซ (มิลลิลิตร) ที่แพร่ข้ามเย้อหุ้มถุงลมสู่หลอดเลือดฝอยในแต่ละนาทีต่อความดันแตกต่างระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย 1 มม. ปรอท และนับเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของระบบทั่วไปในการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ สมรรถนะการแพร่ของออกซิเจนและคาร์บอนไดร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการออกกกำลังกาย สำหรับของออกซิเจนนั้นจะเพิ่มจากค่าโดยเฉลี่ยขณะพัก 23 มล./นาที ไปเป็น 80 มล./นาที เมื่อออกกำลังเต็มที่ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาอย่างดีสมรรถนะการแพร่ในปอดที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นผลจากการเพิ่มอัตราไหลของเลือดไปสู่ปอด ทำให้เลือดไปสู่หลอดเลือดปอดได้มากขึ้น ซึ่งเป็นเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซนั้นเอง

4. การขนส่งก๊าซในเลือด (Gas transportation) กล้ามเนื้อที่กำลังจะมีการปล่อนคาร์บอนไดร์ออกไซด์และการสร้างไฮโดรเจนไอออนออกมามากขึ้นร่วมกับอุณหภูมสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยเร่งเร้าการปล่อยออกซิเจนจากเม็ดเลือดแดงเข้าสู้เนื้อเยื้อนั้นมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะความสามารถจับออกซิเจนของเฮโมโกลบินจะมีค่าลดลง

โดยการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจกับการออกกำลังกายสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายทันทีระดับปานกลางและเต็มที่

ตัวแปร	การออกกำลังกายปานกลาง	การออกกำลังเต็มที่
คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของกาหายใจ		
- งานของการหายใจ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การระบายอากาศในถุงลม		
- ปริมาตรอากาศหายใจเข้า/ ออก 1 ครั้ง	เพิ่มมาก	เพิ่มมาก
- อัตราการหายใจ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
- เนื้อที่เสียเปล่าทางกายวิภาค	เพิ่ม	เพิ่ม
- เนื้อที่เสียเปล่าในถุงลม	ลด	ลด
อัตราเลือดไหลไปสู่ปอด		
- การกำซาบของปอดส่วนบน	เพิ่ม	เพิ่มมาก
- ความต้านทานของหลอดเลือดปอด	ลด	ลดมาก
- ความเร็วของปริมาณเลือดที่มาเลี้ยง	เพิ่ม	เพิ่มมาก
สัดส่วนการระบายอากาศ-การกำซาบ	เพิ่ม	เพิ่ม
การแพร่ข้ามเยื่อกั้นถุงลม-หลอดเลือดฝอย	เพิ่ม	เพิ่มมาก
- พื้นที่ผิว	เพิ่ม	เพิ่มมาก
- การกำจัดการแพร่จากการกำซาบ	ลด	ลดมาก
- ความแตกต่างของความดันระหว่างเยื่อกั้น	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การขนถ่ายออกซิเจนจากเลือดไปสู่เนื้อเยื่อ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การขนถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อไปสู่เลือด	เพิ่ม	เพิ่มมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แรงดันย่อยออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2)	ไม่เปลี่ยน	เพิ่ม
แรงดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ใน($PaCO_2$) เลือดแดง	ไม่เปลี่ยน	ลด
pH ในเลือดแดง	ไม่เปลี่ยน	ลด
ความแตกต่างของแรงดันย่อยออกซิเจนระหว่างเลือดแดงกับเลือดดำผสม (a-vO2 difference)	เพิ่ม	เพิ่มมาก

ที่มา: วิรุฬห์ เหล่าเกษม, 2537

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training; RMT) ได้รับการค้นคว้าอย่างกว้างขวางในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถใช้ในระหว่างการออกกำลังกายความเข้มสูงเพื่อยืดอายุการเริ่มต้นของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลมและเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อหายใจ (Sheel, 2002; Amonette & Dupler, 2002) การฝึกกล้ามเนื้อหายใจอาจเพิ่มความสามารถในการออกกำลังกายโดยการชะลอความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหายใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลเวียนเลือด (Blood flow redistribution) และกระตุ้นความจำเป็นในการไหลเวียนเลือดบริเวณกล้ามเนื้อหายใจพร้อมกับการออกกำลังกาย (Gigliotti et al., 2006; Romer and Dempsey, 2004) นอกจากนั้นมีการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยลดความเข้มข้นของกรดแลกติกในเลือด (Blood lactate concentration) (McConnell and Sharpe 2005) และมีรายงานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจในนักกีฬาวิ่งมาราธอน (Amonette and Dupler 2002) นักกีฬาเรือพาย (Klusiewicz, Borkowski et al. 2008) และนักปั่นจักรยาน (Johnson, Sharpe et al. 2007) ได้

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความสามารถทั้งในทางแอโรบิกแอนแอโรบิก ความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ โดยการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ในการสันดาปออกซิเจน (Oxidative enzymes) การลดลงของระยะทางในการแพร่จากหลอดเลือดฝอยไปสู่กล้ามเนื้อส่งผลในการลดลงของพื้นที่ในเส้นใยกล้ามเนื้อ และเพิ่มความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย (McFadden 2011) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาในการฝึก

กล้ามเนื้อหายใจ มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยแตกต่างกันตามระยะเวลาหรือความหนักที่ใช้ในการฝึก ซึ่งส่วนใหญ่ผลการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยช่วงของระยะเวลาในการฝึกที่ใช้อยู่ในช่วง 4 ถึง 11 สัปดาห์ และความหนักอยู่ในช่วง 50-80% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Inbar, Weiner, Azgad, Rotstein, & Weinstein, 2000, Romer et al., 2002; Holm, Sattler, & Fregosi, 2004) แต่อย่างไรก็ตาม ก็มีบางงานวิจัยที่รายงานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจไม่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Williams, Wongsathikun, Boon, & Acevedo, 2002 ; Sperlich, Fricke, De Marées, Linville, & Mester, 2009) การฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะทำให้อัตราการระบายอากาศลดลงซึ่งเกิดจากการเพิ่มปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal volume) และการลงลงของความถี่ในการหายใจ ซึ่งสิ่งนี้ทำให้กล้ามเนื้อหายใจลดการต้องการเลือด และส่งผลให้เลือดมีการไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหวมากขึ้น โดยการพัฒนาของความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ (Volianitis, McConnell et al. 2001)

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ มีการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาชนิดต่างๆ เช่น นักปั่นจักรยาน นักวิ่ง และนักกีฬาเรือพาย โดยมีการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และเพิ่มระยะเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการเพิ่มเวลาในการเกิดการเมื่อยล้า ลดการรับรู้การหายใจอย่างเร็วและแรง และลดระดับความเหนื่อย (RPE) ในขณะที่ออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงได้ (Holm et al., 2004; Guenette & Sheel, 2007; Johnson et al., 2007; Klusiewicz et al., 2008) นอกจากนั้น การฝึกกล้ามเนื้อหายใจยังส่งผลในการพัฒนาการพร่องออกซิเจนในขณะออกกำลังกายได้ 5% และส่งผลให้นักกีฬาสามารถเล่นกีฬาได้ยาวนานมากขึ้น (Downey et al., 2007) ในปี ค.ศ. 2012 มาหะจานและคณะ (Mahajan, Kulkarni et al. 2012) ได้ฝึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยศึกษาถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพในการฟื้นตัวและสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอล ใช้วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย จากกลุ่มตัวอย่าง 40 คน อายุระหว่าง 19-24 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มทดลองใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breathe) ทำการฝึก 5 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ (การฝึกจำนวน 20 ครั้ง) ความหนักระดับกลาง และกลุ่มควบคุม ไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ทั้ง 2 กลุ่มได้รับการฝึกแบบปกติ วัดความอดทนของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนด้วยวิธีการทดสอบโยโย่อินเตอร์มิตเตน รีคอพเวอรี่ระดับ 1 (Yo-Yo intermittent recovery test level 1) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และอัตราการไหลสูงสุดของอากาศในช่วงหายใจออก (Peak Expiratory Flow

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Rate; PEFR) ผลการศึกษาพบว่า มีการพัฒนาของความอดทนของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที แต่ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และอัตราการไหลสูงสุดของอากาศในช่วงหายใจออกไม่เปลี่ยนแปลง ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาช่วยสมรรถภาพของนักฟุตบอลได้ นอกจากนั้น ออสแมนและคณะ (Ozmen, Gunes et al. 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการฝึกกกล้ามเนื้อหายใจที่ส่งผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก จากกลุ่มตัวอย่าง 18 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 15 นาที 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ทำการวัดตัวแปรโดยใช้วิธีการทดสอบการวิ่ง 20 เมตร (20-meter Shuttle Run Test; 20-MST) และใช้เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ในการวัดตัวแปรค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีการพัฒนาของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด แต่ตัวแปรอื่นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สรุปได้ว่าการฝึกกกล้ามเนื้อหายใจภายใน 5 สัปดาห์สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ ในปี ค.ศ. 2002 โรเมอร์ แมคคอนเนลล์ และโจนส์ (Romer, McConnell et al. 2002) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อเวลาในการฟื้นฟูสมรรถภาพในระหว่างการออกกกำลังกายที่มีความหนักสูงและการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 12 คน และกลุ่มควบคุม 12 คน กลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะฝึกในแต่ละวัน 2 ครั้ง ในแต่ละครั้งฝึกลมหายใจ 30 ครั้ง จำนวน 6 สัปดาห์ พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาระยะการฟื้นตัวในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงและการออกกำลังกายที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำได้ จอนสันและคณะ (Johnson, Sharpe et al. 2007) ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อการพัฒนาความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะและความสามารถในการแสดงออกทางแอนแอโรบิกในนักกีฬาปั่นจักรยาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาปั่นจักรยาน จำนวน 18 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกหายใจ 30 ครั้ง ที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด 17% มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางแอนแอโรบิกในการทดสอบความอดทานในการปั่นจักรยานที่ 5 กิโลจูน (Kj) โดยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะได้

กล้ามเนื้อหายใจกับการเกิดความเมื่อยล้า

กล้ามเนื้อหลักที่เกี่ยวข้องในการหายใจคือกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) ระหว่างที่ออกกำลังกายนั้น กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครง (Intercostal muscles) และกล้ามเนื้อสเคลีน (Scalene muscles) จะเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจเพิ่มเติมโดยช่วยในการยกตัวของกระดูกซี่โครง กล้ามเนื้อกะบังลมก็เหมือนกับกล้ามเนื้อส่วนอื่นในร่างกายที่ไวต่อการที่จะเกิดการเมื่อยล้า (Fatigue) ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก แต่ก็สามารถที่จะฝึกให้กล้ามเนื้อกะบังลมแข็งแรงขึ้นได้เหมือนกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ในร่างกาย (Guenette & Sheel, 2007; Inbar et al., 2000) ความเมื่อยล้า หมายถึง ภาวะที่ร่างกายสูญเสียความสามารถในการที่จะพัฒนาแรงและความเร็วของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานอย่างหนักของกล้ามเนื้อ โดยสามารถทำให้กล้ามเนื้อฟื้นคืนกลับสู่สภาพเดิมจากการเมื่อยล้าได้โดยการพัก การออกกำลังกายที่มีการเพิ่มความหนักขึ้น กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามอื่นที่ช่วยในการหายใจ (Accessory muscles) จะเริ่มต้นเกิดการเมื่อยล้า ซึ่งการเมื่อยล้า จะเกิดได้ทั้งในนักกีฬาที่มีการฝึกระดับสูงและในคนปกติทั่วไป (B. D. Johnson et al., 1993; Guenette & Sheel, 2007) กล้ามเนื้อหายใจจะเกิดการเมื่อยล้าในระหว่างที่มีการหายใจอย่างเร็วและแรง (Hyperpnea) และหลังจากทำกิจกรรมความหนักระดับสูงหรือเป็นระยะเวลานาน (Inbar, Weiner et al. 2000) ความเมื่อยล้าจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเพิ่มงานของการหายใจ (Work of breathing) และการออกกำลังกายจะส่งผลต่อการเพิ่มภาวะเลือดขาดออกซิเจน (Hypoxemia) กายหายใจลำบาก (Dyspnea) (Romer and Polkey, 2008)

เมื่อออกกำลังกายที่ความหนักเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้งานของการหายใจเพิ่มมากขึ้น หากความหนักยิ่งเพิ่มมากขึ้นกล้ามเนื้อหายใจจะมีความต้องการออกซิเจนมากขึ้น และกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Locomotor muscles) ก็มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้นเช่นเดียวกัน จึงทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างกล้ามเนื้อทั้งสองแห่งในการได้รับออกซิเจน (Harms et al., 1998; Wetter et al., 1999; Volianitis et al., 2001) ซึ่งกล้ามเนื้อกะบังลมต้องใช้แรงในการยกตัวและความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่มากกว่ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวส่วนอื่นๆ ดังนั้น กล้ามเนื้อกะบังลมจึงมีความต้องการออกซิเจนจำนวนมากที่ต้องมากพอ การเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายจึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อกะบังลมทำงานหนักมากขึ้น และนำไปสู่การเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลม (Vogiatzis, Georgiadou et al. 2007) ระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงหรือใช้เวลานาน กล้ามเนื้อหายใจโดยเฉพาะกล้ามเนื้อกะบังลมต้องมีการทำงานหนักขึ้นเพื่อเพิ่มอัตราการหายใจ (Breathing rate) และต้องทำงานอย่างหนักมากขึ้น จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งความเมื่อยล้าเกิดขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อกะบังลมไม่สามารถรักษาระดับของการทำงานในการที่จะหายใจเร็วและแรง จึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อกะบังลมเกิดการเมื่อยล้าขึ้น เพราะการเพิ่มอัตราการ

ระบายอากาศต่อนาที (Minute ventilation) เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม เพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจ และมีการสร้างสารที่เกิดจากการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ที่ทำงานหรือการเกิดกรดแลคติกขึ้นนั่นเอง (Johnson, Babcock et al. 1993)

ที่ผ่านมามีการศึกษาโดยบางงานวิจัยรายงานว่า นักกีฬาที่มีการฝึกฝนในระดับสูงจะเกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลมได้ยากกว่า เนื่องจากนักกีฬามีการฝึกมาอย่างมากจึงทำให้กล้ามเนื้อกะบังลมแข็งแรงและทนทานขึ้น (Coast, Clifford et al. 1990) แต่อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่าในการออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูงนั้น แม้ว่าจะเป็นนักกีฬาที่มีสมรรถภาพดี กล้ามเนื้อกะบังลมก็สามารถเกิดการเมื่อยล้าได้เช่นเดียวกัน (Babcock, Pegelow, Johnson, & Dempsey, 1996; Romer et al., 2002) โดยในปี ค.ศ. 2006 โวเกทซิสและคณะ (Vogiatzis, Georgiadou et al. 2006) ทำการศึกษาพบว่า หากกล้ามเนื้อกะบังลมเกิดการเมื่อยล้าในนักกีฬาที่มีสมรรถภาพดี จะนำไปสู่การเกิดภาวะขาดออกซิเจนในเลือดหรือเกิดการแข่งขันระหว่างกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนไหว โดยหากการออกกำลังกายที่ออกซิเจนต่ำจะทำให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อมากกว่าการออกกำลังกายในภาวะออกซิเจนปกติ (Nomoxemic bout) ดังนั้น การออกกำลังกายที่ออกซิเจนต่ำเป็นสาเหตุของการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ โดยโวเกทซิสและคณะสรุปว่าการไหลของเลือดที่กล้ามเนื้อกะบังลมจะลดลงระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก เพื่อที่จะส่งเลือดไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ของร่างกายที่ใช้ในการเคลื่อนไหว จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้กล้ามเนื้อกะบังลมเกิดความเมื่อยล้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

สำหรับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeated sprint training) ที่ผ่านมามีการศึกษาโดยในปี ค.ศ. 2015 แนสซิเมนโตะและคณะ (Nascimento, Lucas et al. 2015) ได้ศึกษาผลการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 4 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอล โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำช่วงระยะเวลาสั้นที่ส่งผลต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อและด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอลรุ่นอายุ 17 ปี ในช่วงฤดูการแข่งขัน จากกลุ่มตัวอย่าง 14 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 6 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน โดยกลุ่มการทดลองจะต้องฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มมีการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 40 เมตร (Repeated maximal sprint test; 40-m MST) การ

ทดสอบวิ่ง intermittent shuttle-running test (Carminatti's test) และการทดสอบความแข็งแรงของขาโดยการกระโดด (Vertical jumps) ก่อนและหลังการฝึก ผลการวิจัยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่จะเกิดขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) และประสิทธิภาพการกระโดดอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่ากรดแลคติกสูงสุด (Peak lactate) และระยะเวลาของการวิ่งลดลง สรุปได้ว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากันของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ และให้ข้อเสนอแนะว่าระยะเวลาในการฝึกของกลุ่มทดลองระยะสั้นเกินไปที่จะพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตซอลได้ นอกจากนั้น เฟอร์นันเดซและคณะ (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas et al. 2015) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำร่วมกับฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิดในนักกีฬาเทนนิส โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะวิเคราะห์ผลของการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิดร่วมกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำที่มีผลต่อสมรรถภาพในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การกระโดดและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาเทนนิส จากกลุ่มตัวอย่าง 16 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีการวัดตัวแปรจากการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และการทดสอบความแข็งแรงของขาโดยการกระโดด ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำร่วมกับการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด สามารถพัฒนาสมรรถภาพของประสาทกล้ามเนื้อ เช่น ความสามารถในการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดได้ และในปี ค.ศ. 2017 แกนทอยส์และคณะ (Gantois, Aidar et al. 2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกของนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอล จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18 – 24 ปี กลุ่มตัวอย่างทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 เมตร แลการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่ง พบว่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเผาพลาญพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนใหญ่จะเป็นการออกแรงในการเริ่มต้น แต่แรงในการวิ่งซ้ำๆ จะให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายแอโรบิกมากขึ้น ดังนั้น การปรับปรุงสมรรถภาพแบบแอโรบิกเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาสมรรถภาพที่ใกล้เคียงกับค่าสูงสุดในการวิ่งซ้ำๆ ดังนั้นนักกีฬาควรมีแบบแผนในการฝึกเพื่อพัฒนาทั้งสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก รวมไปถึงการประยุกต์ให้เข้ากับกีฬาที่มีความต้องการสมรรถภาพที่คล้ายๆ กันได้ ในปี ค.ศ. 2013 โจนส์และคณะ (Jones, Cook et al. 2013) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสามารถทางด้านแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (RSA) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอล จำนวน 41 คน อายุระหว่าง 19 - 27 ปี มีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการทดสอบความความสามารถในการวิ่ง

ด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำโดยการวิ่งไป-กลับ 40 เมตร จำนวน 6 รอบ พักระหว่างรอบ 20 วินาที ผลการศึกษาพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดสัมพันธ์กับความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการช่วยในการฟื้นคืนกลับของสมรรถภาพของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตบอล กาบีและคณะ (Gharbi, Dardouri et al. 2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการวิ่งซ้ำๆที่มีต่อสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอโรบิกและสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอนแอโรบิกในนักกีฬาประเภททีม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีม จำนวน 16 คน อายุระหว่าง 21 -26 ปี ประกอบด้วยนักกีฬาฟุตบอล จำนวน 8 คน นักกีฬาบาสเกตบอล จำนวน 5 คน และนักกีฬาแฮนด์บอล จำนวน 3 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบ 4 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบโดยการวิ่ง 20 เมตร (The 20 m Multi-stage shuttle run test; MSRT) การทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test; Wing T) การทดสอบสมรรถภาพทาง แอนแอโรบิกด้วยการวิ่ง (Maximal Anaerobic Shuttle Running Test; MASRT) และการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (The repeated sprint ability test; RSAT) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอโรบิกมีความสันพันธ์กับการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และการทดสอบสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกด้วยการวิ่งเป็นวิธีทดสอบที่ดีในการวัดสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกในขณะที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ในปี ค.ศ. 2016 แอททีนและคณะ (Attene, Nikolaidis et al. 2016) ได้ทำการศึกษาความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาบาสเกตบอล โดยศึกษาเปรียบเทียบผลระยะยาวของการวิ่งเปลี่ยนหลายทิศทางกับการวิ่งเปลี่ยนทิศทางเดียวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพของนักกีฬาบาสเกตบอล โดยศึกษาผลของการฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ระยะทาง 30 เมตร เป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยแบ่งการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ เป็น 2 รูปแบบ คือการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบเปลี่ยนทิศทางเดียว และการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบเปลี่ยนหลายทิศทาง จากกลุ่มตัวอย่าง 36 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ หนึ่งจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำด้วยการเปลี่ยนทิศทางเดียว ในขณะที่อีกกลุ่มจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดด้วยการเปลี่ยนหลายทิศทาง ผลการศึกษาพบว่า การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำไม่ว่าจะป็นการเปลี่ยนทิศทางเดียวหรือเปลี่ยนหลายทิศทาง ส่งผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพเหมือนกัน แต่ส่งผลแตกต่างกันในด้านจิตใจ นอกจากนั้น บูชเฮทและคณะ (Buchheit, Mendez-Villanueva et al. 2010) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการฝึกซ้อมการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ กับการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิดและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำที่มีผลต่อความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำของ

นักกีฬาฟุตบอล จากกลุ่มตัวอย่าง 15 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด จำนวน 8 คน ทำการฝึก 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยที่กลุ่มที่ทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำจะฝึก 2-3 เซต 5-6 ครั้ง ระยะทาง 15-20 เมตร ระยะเวลาพัก 14 วินาที หรือ 23 วินาที ส่วนกลุ่มที่มีการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด 4-6 เซต 4-6 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ทำการการฝึกซ้อมการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ มีการพัฒนาจากการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ซึ่งสอดคล้องการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง

ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก

ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic system) พลังงานประเภทนี้ ไม่จำเป็นต้องอาศัย ออกซิเจน ซึ่งสามารถแยกย่อยออกไปได้อีก 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ (Janssen, 2016; รุ่งชัย ชวนไชยะกูล, มปป.)

1. ระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen system) หรือเอทีพีซีพี (ATP-CP) เป็นระบบพลังงานที่พร้อมสำหรับการถูกนำไปใช้ได้ในทันที ประกอบด้วย

- สารครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine phosphate; CP) มีเก็บเฉพาะในกล้ามเนื้อแต่ในปริมาณน้อย 24 มิลลิโมลต่อกิโลกรัมกล้ามเนื้อ 1 และถูกนำไปใช้จนเกือบหมดภายในเวลา 5 วินาทีแรกของการออกกำลังกายอย่างหนัก

- สารอะดีโนซีนไตรฟอสเฟตที่เก็บไว้แล้วในกล้ามเนื้อ (Endogenous adenosine triphosphates; ATP) มีเก็บน้อยเพียง 5 มิลลิโมลต่อกิโลกรัมกล้ามเนื้อ และถูกใช้มากในเวลาสั้นๆไม่เกิน 30 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารอะดีโนซีนไตรฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนเป็นอะดีโนซีนไดฟอสเฟต (Adenosine diphosphate; ADP) ได้อย่างรวดเร็ว และจะปลดปล่อยพลังงานจำนวนมากออกมาซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปั่นจักรยานหรือวิ่งเร็วสุดเต็มฝีเท้าในระยะเวลาสั้นๆ ได้ พลังงานงานชนิดนี้ไม่ต้องใช้ออกซิเจน เอทีพีที่มีจะหมดไปภายใน 8-12 วินาที จึงเหมาะสำหรับการวิ่งเต็มฝีเท้าระยะสั้นๆ (ช่วงสุดท้าย) เท่านั้น หลังจากการวิ่งเต็มฝีเท้าแล้วเซลล์กล้ามเนื้อจะสร้างเอทีพีขึ้นใหม่อีกครั้งจากเอดีพี กระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานซึ่งจะได้จากการสังเคราะห์ไกลโคเจนโดยใช้ออกซิเจนช่วย ดังนั้นการวิ่งเร็วจัดเต็มฝีเท้าจะก่อให้เกิดหนี้ออกซิเจน ในระหว่างการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายจะมีการใช้ออกซิเจนมากขึ้นเพื่อสร้างเอทีพีใหม่ขึ้นมาอีก การฝึกวิ่งระยะสั้นอาจช่วยเพิ่มจำนวนเอทีพีได้ และช่วยเร่งการสลายเอทีพีและเร่งการสร้างเอทีพีใหม่ให้เร็วขึ้น

2. ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลสิส (Anaerobic Glycolysis) เป็นการสร้างพลังงานจากสารไกลโคเจนในกล้ามเนื้อโดยไม่ใช้ออกซิเจน สารเหล่านี้จะถูกใช้ในเวลาถัดมาและหมดไปในเวลาไม่เกิน 2-3 นาทีขบวนการนี้มีของเสียที่เหลือคือ สารแลคติค ซึ่งเป็นกรด (Lactate หรือ Lactic acid) สารนี้ถูกสร้างที่กล้ามเนื้อและจะถูกแปลงกลับไปเป็นกลูโคสได้โดยเอนไซม์สำคัญในตับ โดยที่มีการขนส่งไป-มาทางกระแสโลหิต ตัวอย่างของพลังงงานประเภทนี้ คือ การวิ่งแข่งระยะสั้น (หากต้องการวิ่งต่อไปจะต้องลดความเข้มข้นลง) หรือการยกเวทหลายครั้งติดต่อกัน

<u>กรดแลคติก</u>

ปริมาณกรดแลคติค คือ สารเคมีที่เป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นในเซลลของกลามเนื้อจากขบวนการไกลโคไลสิส ซึ่งเป็นขบวนการสร้างพลังงานโดยไมใชออกซิเจนซึ่งในขณะพักนั้นปริมาณของกรดแลคติกในเลือดมีอยูเล็กน้อย แตหากมีการออกกำลังกายกรดแลคติกจะมีปริมาณการสะสมมากขึ้น และแพรเขาสูกระแสเลือด โดยกรดแลคติกถูกสร้างขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) ทำหน้าที่รับอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น โดยปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ประมาณ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) โดยความสามารถสูงสุดของผู้ที่มีสมรรถภาพที่ดีที่จะสามารถทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) (บางรายอาจสูงถึง 300 mg %) เมื่อการออกกำลังกายที่มีความหนักมากขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกายโดยสรุปไว้ ดังนี้ (จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม 2558)

1. ขณะออกกำลังกายความหนักระดับเบา (Mild intensity exercise) การออกกำลังกายชนิดนี้มีไม่มีปัญหาในเรื่องของปริมาณออกซิเจน เพราะมีออกซิเจนที่สะสมอยู่บ้างเล็กน้อย อีกทั้งออกซิเจนที่ระบบการหายใจและระบบไหลเวียนสามารถส่งไปยังกล้ามเนื้อในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างน้อยมาก

2. ขณะออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลาง (Moderate intensity exercise) ร่างกายสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายจนกระทั่งกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกเข้ามามีบทบาทในการสร้างพลังงานแทนเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายจะกระจายเข้าสู่กระแสเลือด เมื่อการออกกำลังกายในลักษณะนี้ดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ปริมาณของกรดแลคติกจะลดน้อยลงจนถึงระดับที่เท่ากับร่างกายที่อยู่ในสภาวะพัก (Resting level) และการออกกำลังกายจะสามารถดำเนินต่อไปได้เรื่อยๆ

3. ขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับหนัก (Heavy intensity exercise) ในการออกกำลังกายในลักษณะนี้ ร่างกายจะเริ่มมีปัญหาในเรื่องของปริมาณออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงานทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมามากขึ้น และเป็นผลให้พบกรดแลคติกในเลือด และกล้ามเนื้อในปริมาณที่สูงและปริมาณของกรดแลคติกที่สูงนี้จะคงอยู่ต่อไปตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย

4. ขณะออกกำลังกายความหนักระดับหนักมาก (Severe intensity exercise) ในการออกกำลังกายในลักษณะนี้ ร่างกายจะมีปัญหามากขึ้นเพราะปริมาณของออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือ ปริมาณที่ขาดหายไป (Oxygen deficit) มีจำนวนมากขึ้น ในการออกกำลังกายลักษณะนี้มีการดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2-3 นาที เพราะกล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ต่อไปได้ โดยเมื่อมีกรดแลคติกเกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อ ภายในเซลล์จะมีสภาวะเป็นกรดมากขึ้นทำให้การปล่อยแคลเซียม (Ca^{++}) จากซาโคพลาสมิกเรติคิวลัม (Sarcoplasmic reticulum) ลดลง และจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ฟอสโฟฟรุคโตไคเนส (Phosphofructokinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญของกระบวนการแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส รบกวนการจับของแคลเซียม ขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้แอคติน (Actin) กับไมโอซิน (Myosin) จับตัวกันได้ยากและกล้ามเนื้อหดตัวได้ช้าก่อให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ กรดแลคติกที่สะสมในปริมาณมากยังส่งผลต่อเลือดให้มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ลดต่ำลง มีสภาพของความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้มีสภาวะการหายใจที่ตื้นและถี่ ผิดปกติ ทำให้หายใจลำบาก ซึ่งเป็นผลจากการมีออกซิเจนต่ำทำให้มองส่วนของพอนด์ (Pons) ถูกกระตุ้นส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการออกกำลังกาย (Powers and Howley 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ความเมื่อยล้า</u>

ความเมื่อยล้า (Fatigue) หมายถึง ภาวะที่ไม่สามารถรักษาอัตราการทำงานหรือกำลัง (Power output = แรง X ระยะทาง / เวลาที่ใช้) ขณะเล่นกีฬาหรือทำงาน แต่ผลงานจะลดลงเรื่อยๆ (Reduced performance) ความรู้สึกล้าเป็นกลไกของร่างกายและจิตใจอย่างหนึ่งจากการใช้พลังงานมากเกินไป เหนื่อยเกินไป กลไกการเกิดความเมื่อยล้ามีทั้งที่เกิดจากกล้ามเนื้อเองขาดพลังงานและมีการคั่งค้างของของเสียเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อมากจนกำจัดไม่ทัน หรือกระแสโลหิตนำออกซิเจนมาเลี้ยงไม่ทัน หรือมีสาเหตุจากระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทคุมการเคลื่อนไหว ทำให้กล้ามเนื้อทำงานน้อยลง ความเมื่อยล้านอกจากจะมีสาเหตุจากทั้งการเปลี่ยนไปของระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวแล้วยังเกี่ยวกับกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อเอง ยังมีปัจจัยที่โยงไปถึงระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจซึ่งนำออกซิเจนมาใช้ในเซลล์กล้ามเนื้อและนำของเสีย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และกรดแลคติกออกไปกำจัด ถ้าระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจทำงาน

น้อยลงจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการล้าได้อย่างรวดเร็ว การแบ่งชนิดของความเมื่อยล้ามีหลายวิธี (ไถ้ออน ชินธเนศ ม.ป.ป.) เช่น

1. แบ่งตามอวัยวะที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น ความเมื่อยล้าที่เกิดจากกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) บางทีรวมถึงความเมื่อยล้าที่เกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิตที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อที่ลดลง ความเมื่อยล้าที่เกิดจากระบบประสาทส่วนกลาง (Central fatigue) ซึ่งนับตั้งแต่ตัวประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวในสมอง ไขสันหลัง รวมถึงสภาวะจิตใจ (Psychologicaldrive) ความกดดันจากสังคม (Social drive) แรงผลักดันทางชีววิทยาในการดำรงชีวิต (Biologicaldrive) ความรู้สึกเบื่อหน่าย ความรู้สึกจำเจ บางทีอาจเรียกความเมื่อยล้ากลุ่มนี้ว่าความเมื่อยล้าทางจิตใจ (Mental fatigue)

2. แบ่งตามธรรมชาติของการฝึก เช่น ความหนัก (intensity) ระยะเวลา (duration) ของการใช้งานของกล้ามเนื้อ เช่น

- ความเมื่อยล้าจากการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (ความหนักระดับสูง ระยะเวลาสั้น) เช่น วิ่งเร็ว 100 เมตร ยกน้ำหนักมากๆ ในเวลาสั้นๆ ทำให้กล้ามเนื้อล้าต้องใช้เวลานานในการพัก
- ความเมื่อยล้าจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (ความหนักระดับต่ำระยะเวลายาว) เช่น วิ่งระยะไกล วิ่งมาราธอน การยกน้ำหนักไม่หนักมากแต่ทำซ้ำๆ กันเป็นเวลานาน ใช้เวลาพักไม่นานมาก
- ความเมื่อยล้าจากการออกกำลังกายความหนักระดับเบา เช่น การวิ่งระยะกลาง

โดยสามารถสรุปว่าเกิดการล้าขึ้นหรือไม่จากการมีการลดลงของแรงหรือความเร็วในการหดตัวหรือคลายตัวกล้ามเนื้อ งาน หรือหน่วยเวลา (กำลัง) ความเร็วในการปั่นจักรยานลดลง สามารถคำนวณอัตราความเมื่อยล้าโดยคำนวณค่า ดัชนีการล้า (Fatigue index; FI) โดยสูตร

ดัชนีการล้า = [(ค่าสูงสุด – ค่าสุดท้าย) / ค่าสูงสุด] x 100

ขณะที่กล้ามเนื้อกำลังเข้าสู่การล้าจะสังเกตได้ว่า

1. อัตราการหดตัวและคลายตัวที่ทำอย่างต่อเนื่องจะลดลงเรื่อยๆ

2. ความชันของแรงการหดตัวและคลายตัวจะช้าลงเรื่อยๆ ซึ่งการทำงานในโรงงานหรือการเล่นกีฬาจะสังเกตในแง่พฤติกรรมได้ว่านักกีฬาจะวิ่งช้าลง อัตราการทำงาน (งานที่ได้/หน่วยเวลา) น้อยลง

3. สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เช่น เมื่อยกก้อนน้ำหนักประมาณ 25% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ (Maximal voluntary contraction; MVC) คลื่นความถี่ของไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram; EMG) จะมีความถี่ค่อนข้างคงที่ 0-4 นาที หลัง 4 นาทีจะมีความถี่สูงขึ้นอย่าง

รวดเร็ว ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่า ขณะกล้ามเนื้อเมื่อยล้าจะมีการระดมจำนวนมอเตอร์ยูนิตให้ทำงานมากขึ้น (Motor unit recruitment) และเพิ่มความถี่ของสัญญาณประสาทที่ไปกระตุ้นใยกล้ามเนื้อให้ทำงานมากขึ้นเพื่อให้ได้แรงเท่าเดิม

4. การลดลงของค่ากรดด่างในเลือดซึ่งแสดงภาวะกรดในร่างกาย

ปัจจัยที่มีผลต่อความเมื่อยล้า

1. ระยะเวลาของการพัก การได้พักภายหลังการออกกำลังกายทำให้เกิดการฟื้นตัว เพราะของเสียต่างๆ ที่สะสมมาจากการทำงานของร่างกายจะถูกกำจัดออกไป ดังนั้นหากออกกำลังกายหนักมากและนานย่อมต้องใช้เวลานานมากในการฟื้นตัว ซึ่งพบได้ทั้งในการหดตัวกล้ามเนื้อแบบทำงานต่อเนื่อง (Dynamic work) เช่น การยกของขึ้น-ลงต่อเนื่อง การถีบจักรยานต่อเนื่อง เป็นต้น หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดตัวค้าง (Static work) ที่พบในกีฬาบางชนิด เช่น ยกน้ำหนัก สิ่งที่ใช้ประเมินการฟื้นตัวอาจมีได้ตั้งแต่การกลับคืนมาของความแรง ความเร็วในการหดตัวและการคลายตัว อัตราการเต้นหัวใจ เป็นต้น

2. จำนวนและขนาดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย หากใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่หลายๆมัดในการออกกำลังกายจะยิ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวนาน เป็นดังนี้ทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิก

3. สัดส่วนชนิดของใยกล้ามเนื้อชนิดเร็ว (Type II หรือ Fast muscle) และช้า (Type I หรือSlow muscle) ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง นักกีฬาที่มีปริมาณชนิดของใยกล้ามเนื้อชนิดช้าในกล้ามเนื้อมากมักจะมีโอกาสเกิดการล้าช้ากว่าคนที่มีปริมาณชนิดของใยกล้ามเนื้อชนิดเร็วมาก

4. อัตราการไหลของกระแสโลหิตของกล้ามเนื้อ ถ้ามียิ่งมากมักจะล้าช้ากว่ากล้ามเนื้อที่มีอัตราการไหลของกระแสโลหิตน้อยกว่า ซึ่งเป็นจริงสำหรับกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งที่มีระบบไหลเวียนปกติเทียบกับภาวะที่กระแสโลหิตถูกทำให้ลดลงและอาจเป็นจริงสำหรับร่างกายทั้งตัวสำหรับคนที่มีระบบไหลเวียนดีและระบบหายใจดี

5. รูปแบบการฟื้นตัว มี 2 รูปแบบ คือ การฟื้นตัวแบบไม่ต้องออกแรงใดๆ อีก (Passive recovery) เช่น นอนนิ่งๆ การให้คนนวด และการฟื้นตัวแบบยังคงออกแรงอยู่บ้าง (Active recovery) หรือ เช่น เดิน ปั่นจักรยานช้าๆ หลังออกกำลังกาย

6. การทำจิตใจให้ไม่เครียด มีความเมื่อยล้ารูปแบบหนึ่งที่มาจากสมองและอารมณ์ที่เครียดมานาน แก้ไขโดยพักผ่อนทั้งร่างกายและจิตใจ เพื่อให้เกิดการปรับตัวทางจิตวิทยาที่เหมาะสมช่วยให้การทำงานดีขึ้นอย่างรวดเร็ว

การทดสอบสมรรถภาพทางแอนแอโรบิก

การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกนั้นสามารถทำได้ 2 ทาง ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) และการทดสอบภาคสนาม (Field test) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) เป็นวิธีการทดสอบที่ให้ผลแม่นยำเที่ยงตรงและมีความน่าเชื่อถือ แต่การทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้มีค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานานและต้องใช้ความเชี่ยวชาญทางเทคนิกมาก (Heyward 2010) เช่น การตรวจหาจำนวนความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักหรือการคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะทำการออกกำลังกายเพื่อคำนวณหาค่ากรดแลคติก การทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน การทดสอบด้วยลู่วิ่งกลหรือการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ เป็นต้น ซึ่งการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่นิยมใช้กันคือ การทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิก

ในส่วนของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกภาคสนามที่นิยมใช้กัน (Hoffman, Epstein, and Weinstein, 2006) เช่น การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยวูฟส์แฮมตันโดยแดพเพอร์และวิท (Draper and Whyte) (Luebbers 2001) ในการทดสอบในนักกีฬาบางประเภทที่ใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งคล้ายกับการทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิกในการวัดค่าของงานที่ทำได้สูงสุด โดยการวิ่งเร็วสูงสุด 35 เมตร วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพัก 10 วินาที (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549; Zagatto et al., 2009) นำผลที่ได้จากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในแต่ละเที่ยวไปคำนวณหาค่าต่างๆ มีดังนี้

1. ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

กำลัง (วัตต์) = น้ำหนักตัว (กก.) × ระยะทาง^2 (เมตร)/ เวลา^3 (วินาที)

โดยที่ น้ำหนักตัว คือ น้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

ระยะทาง คือ ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร

เวลา คือ เวลาที่ทำได้ในการวิ่ง 35 เมตร

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

$$\text{กำลัง (วัตต์)} = \frac{\text{ผลรวมของค่ากำลังทั้ง 6 ค่าที่ได้}}{6}$$

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

4. ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue index)

$$\text{ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด})}{\text{ผลรวมเวลาทั้งหมด 6 รอบ}}$$

ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeated sprint ability; RSA) เป็นกุญแจสำคัญในการบ่งบอกถึงสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ในกีฬาประเภททีม (Attene, Nikolaidis et al. 2016) ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ หมายถึง ความสามารถในการวิ่งซ้ำๆ กันโดยมีการฟื้นคืนสู่สภาพปกติน้อยที่สุดหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถในการแสดงออกถึงสมรรถนะในการวิ่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยมีการฟื้นตัวในระยะเวลาสั้นๆ (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Stojanovic, Ostojic, Calleja-González, Milosevic, & Mikic, 2012) โดยความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำขึ้นกับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine; PCr) และการขับไฮโดนเจนไอออน (Hydrogen ions; H^+) ออกจากกล้ามเนื้อระหว่างช่วงของการฟื้นตัว (Recovery) (Aziz, Chia et al. 2000) โดยการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ในปี ค.ศ. 2017 อาชิซาและคณะ (Archiza, Andaku et al. 2018) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลหญิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อส่วนอื่นรอบนอกระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูงและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักฟุตบอลหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิง 18 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 8 คน และกลุ่มที่ทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ จำนวน 10 คน ทำการฝึก 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความแข็งแรงในการหายใจเพิ่มขึ้น ความสามารถในการออกกำลังกาย และประสิทธิภาพของ

การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำมีการพัฒนาขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีความสามารถในการลดลงของเลือดที่มีออกซิเจนน้อย (Deoxyhemoglobin) และความเข้มข้นของฮีโมโกลบินต่ำลงในกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครง (Intercostal muscles) ในขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของเลือดที่มีออกซิเจนสูง (Oxyhemoglobin) และความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในกล้ามเนื้อหน้าขา (Vastus lateralis muscle) โดยสรุปผลว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจอาจมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อในระบบหายใจและส่งผลให้เกิดการเพิ่มออกซิเจนและการส่งเลือดไปสู่กล้ามเนื้อขาในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความทนทานในการออกกำลังกาย และความสามารถในการวิ่งเร็วในนักฟุตบอลหญิงได้ นอกจากนั้น ซิงฮ์ (Singh 2016) ได้ทำการศึกษาผลระหว่างการฝึกกล้ามเนื้อหายใจกับการฝึกหายใจปกติที่มีต่อสมรรถภาพของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดในนักกีฬาคนพิการที่มีการบาดเจ็บที่ไขสันหลัง จากกลุ่มตัวอย่าง 45 คน เป็นนักกีฬาบาสเกตบอลคนพิการ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breathe) กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกการหายใจปกติ และกลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม ทำการฝึก 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ และการฝึกการหายใจปกติส่งผลต่อสมรรถภาพของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดไม่แตกต่างกัน โรเมอร์และคณะ (Romer, McConnell et al. 2002) รายงานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery time) และลดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬากีฬาประเภททีม

การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหายใจจะสังเกตเห็นได้หลังจากมีการออกกำลังกายที่ความหนักสูงสั้นๆ และต่อเนื่อง เป็นเหตุผลที่สามารถอธิบายได้ว่าธรรมชาติช่วงหลักสลับเบาของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำก็ต้องการระยะเวลาสำหรับการขจัดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหายใจโดยการเพิ่มการเผาผลาญและการเป็นหนี้ออกซิเจน (O_2 debt) (Minahan, Sheehan et al. 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ฐาปนวัฒน์ สุขปาละ (2554) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของทีมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่น

จักรยาน และกลุ่มควบคุม ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ สูงกว่ากลุ่มควบคุมและก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ส่วนร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้ามีเพียงกลุ่มควบคุมที่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนวัฒน์ กิจสุขสันต์ และถนอมวงศ์ กฤษณเพ็ชร์ (2554) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืดที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและสุขสมรรถนะในหญิงสูงอายุ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครหญิงสูงอายุ อายุระหว่าง 60-74 ปี จำนวน 40 คน ถูกเลือกแบบสุ่มลงใน 3 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจเพียงอย่างเดียว กลุ่มฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืดเพียงอย่างเดียว และกลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืด กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืด 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืดสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าได้มากกว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจหรือการฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืดเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ายังมีผลต่อระยะทางที่เดินได้ภายใน 6 นาที ของหญิงสูงอายุ

งานวิจัยในต่างประเทศ

แกนทอยส์และคณะ (Gantois, Aidar et al. 2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกของนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอล จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18 – 24 ปี กลุ่มตัวอย่างทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 เมตร แลการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่ง พบว่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเผาพลาญพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนใหญ่จะเป็นการออกแรงในการเริ่มต้น แต่แรงในการวิ่งซ้ำๆ จะให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายแอโรบิกมากขึ้น ดังนั้น การปรับปรุงสมรรถภาพแบบแอโรบิกเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาสมรรถภาพที่ใกล้เคียงกับค่าสูงสุดในการวิ่งซ้ำๆ ดังนั้นนักกีฬาควรมีแบบแผนในการฝึกเพื่อพัฒนาทั้งสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก รวมไปถึงการประยุกต์ให้เข้ากับกีฬาที่มีความต้องการสมรรถภาพที่คล้ายๆ กันได้

ออสแมนและคณะ (Ozmen, Gunes et al. 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการฝึกกกล้ามเนื้อหายใจที่ส่งผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก จากกลุ่มตัวอย่าง 18 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจะฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 15 นาที 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ทำการวัดตัวแปรโดยใช้วิธีการทดสอบการวิ่ง 20 เมตร (20-meter Shuttle Run Test; 20-MST) และใช้เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ในการวัดตัวแปรค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีการพัฒนาของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด แต่ตัวแปรอื่นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สรุปได้ว่าการฝึกกกล้ามเนื้อหายใจภายใน 5 สัปดาห์สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้

แอททีนและคณะ (Attene, Nikolaidis et al. 2016) ได้ทำการศึกษาความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาบาสเกตบอล โดยศึกษาเปรียบเทียบผลระยะยาวของการวิ่งเปลี่ยนหลายทิศทางกับการวิ่งเปลี่ยนทิศทางเดียวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพของนักกีฬาบาสเกตบอล โดยศึกษาผลของการฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำระยะทาง 30 เมตร เป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยแบ่งการทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ เป็น 2 รูปแบบ คือการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบเปลี่ยนทิศทางเดียว และการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบเปลี่ยนหลายทิศทาง จากกลุ่มตัวอย่าง 36 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ หนึ่งจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำด้วยการเปลี่ยนทิศทางเดียว ในขณะที่อีกกลุ่มจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดด้วยการเปลี่ยนหลายทิศทาง ผลการศึกษาพบว่า การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำไม่ว่าจะป็นการเปลี่ยนทิศทางเดียวหรือเปลี่ยนหลายทิศทาง ส่งผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพเหมือนกัน แต่ส่งผลแตกต่างกันในด้านจิตใจ

แนสซิเมนโตะและคณะ (Nascimento, Lucas et al. 2015) ได้ศึกษาผลการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 4 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอล โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำช่วงระยะเวลาสั้นที่ส่งผลต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อและด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอลรุ่นอายุ 17 ปี ในช่วงฤดูการแข่งขัน จากกลุ่มตัวอย่าง 14 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 6 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน โดยกลุ่มการทดลองจะต้องฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา

4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มมีการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 40 เมตร (Repeated maximal sprint test; 40-m MST) การทดสอบวิ่ง (Carminatti's test) และการทดสอบความแข็งแรงของขาโดยการกระโดด (Vertical jumps) ก่อนและหลังการฝึก ผลการวิจัยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาที่จะเกิดขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) และประสิทธิภาพการกระโดดอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่ากรดแลคติกสูงสุด (Peak lactate) และระยะเวลาของการวิ่งลดลง สรุปได้ว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากันของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ และให้ข้อเสนอแนะว่าระยะเวลาในการฝึกของกลุ่มทดลองระยะสั้นเกินไปที่จะพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตซอลได้

กาบีและคณะ (Gharbi, Dardouri et al. 2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการวิ่งซ้ำๆที่มีต่อสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอโรบิกและสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอนแอโรบิกในนักกีฬาประเภททีม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีม จำนวน 16 คน อายุระหว่าง 21 -26 ปี ประกอบด้วยนักกีฬาฟุตบอล จำนวน 8 คน นักกีฬาบาสเกตบอล จำนวน 5 คน และนักกีฬาแฮนด์บอล จำนวน 3 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบ 4 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบโดยการวิ่ง 20 เมตร (The 20 m Multi-stage shuttle run test; MSRT) การทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test; Wing T) การทดสอบสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกด้วยการวิ่ง (Maximal Anaerobic Shuttle Running Test; MASRT) และการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (The repeated sprint ability test; RSAT) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าสมรรถภาพที่แสดงออกทางด้านแอโรบิกมีความสันพันธ์กับการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และการทดสอบสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกด้วยการวิ่งเป็นวิธีทดสอบที่ดีในการวัดสมรรถภาพทางแอนแอโณบิกในขณะที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

เฟอร์นันเดซและคณะ (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas et al. 2015) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำร่วมกับฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิดในนักกีฬาเทนนิส โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะวิเคราะห์ผลของการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิดร่วมกับการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำที่มีผลต่อสมรรถภาพในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การกระโดด และความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาเทนนิส จากกลุ่มตัวอย่าง 16 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีการวัดตัวแปรจากการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การทดสอบความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และการทดสอบความแข็งแรงของขาโดยการกระโดด ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า ผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำร่วมกับการฝึกความแข็งแรงแบบพลังระเบิด สามารถพัฒนาสมรรถภาพของประสาทกล้ามเนื้อ เช่น ความสามารถในการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดได้

บาดามและคณะ (Badaam Khaled, Munibuddin et al. 2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการฝึกการออกกำลังกายแบบการใช้ออกซิเจน (Aerobic exercises) กับการฝึกวิ่งแบบหนักสลับเบา (Sprint interval training) ที่มีต่อสมรรถภาพปอด ผลการวิจัยพบว่าการวิ่งแบบหนักสลับเบามีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV)

โจนส์และคณะ (Jones, Cook et al. 2013) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสามารถทางด้านแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) และความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (RSA) ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอล จำนวน 41 คน อายุระหว่าง 19 - 27 ปี มีการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการทดสอบความความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำโดยการวิ่งไป-กลับ 40 เมตร จำนวน 6 รอบ พักระหว่างรอบ 20 วินาที ผลการศึกษาพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดสัมพันธ์กับความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ซึ่งสรุปผลการวิจัยได้ว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการช่วยในการฟื้นคืนกลับของสมรรถภาพของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตบอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มาหะจานและคณะ (Mahajan, Kulkarni et al. 2012) ได้ฝึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยศึกษาถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพในการฟื้นตัวและสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอล ใช้วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย จากกลุ่มตัวอย่าง 40 คน อายุระหว่าง 19-24 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง โดยกลุ่มทดลองใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breathe) ทำการฝึก 5 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ (การฝึกจำนวน 20 ครั้ง) ความหนักระดับกลาง และกลุ่มควบคุม ไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ทั้ง 2 กลุ่มได้รับการฝึกแบบปกติ วัดความอดทนของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนด้วยวิธีการทดสอบโยโย่อินเตอร์มิตเตน รีคอพเวอรี่ระดับ 1 (Yo-Yo intermittent recovery test level 1) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและ

แรงเต็มที่ และอัตราการไหลสูงสุดของอากาศในช่วงหายใจออก (Peak Expiratory Flow Rate; PEFR) ผลการศึกษาพบว่า มีการพัฒนาของความอดทนของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนและค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที แต่ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และอัตราการไหลสูงสุดของอากาศในช่วงหายใจออกไม่เปลี่ยนแปลง ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาช่วยสมรรถภาพของนักฟุตบอลได้

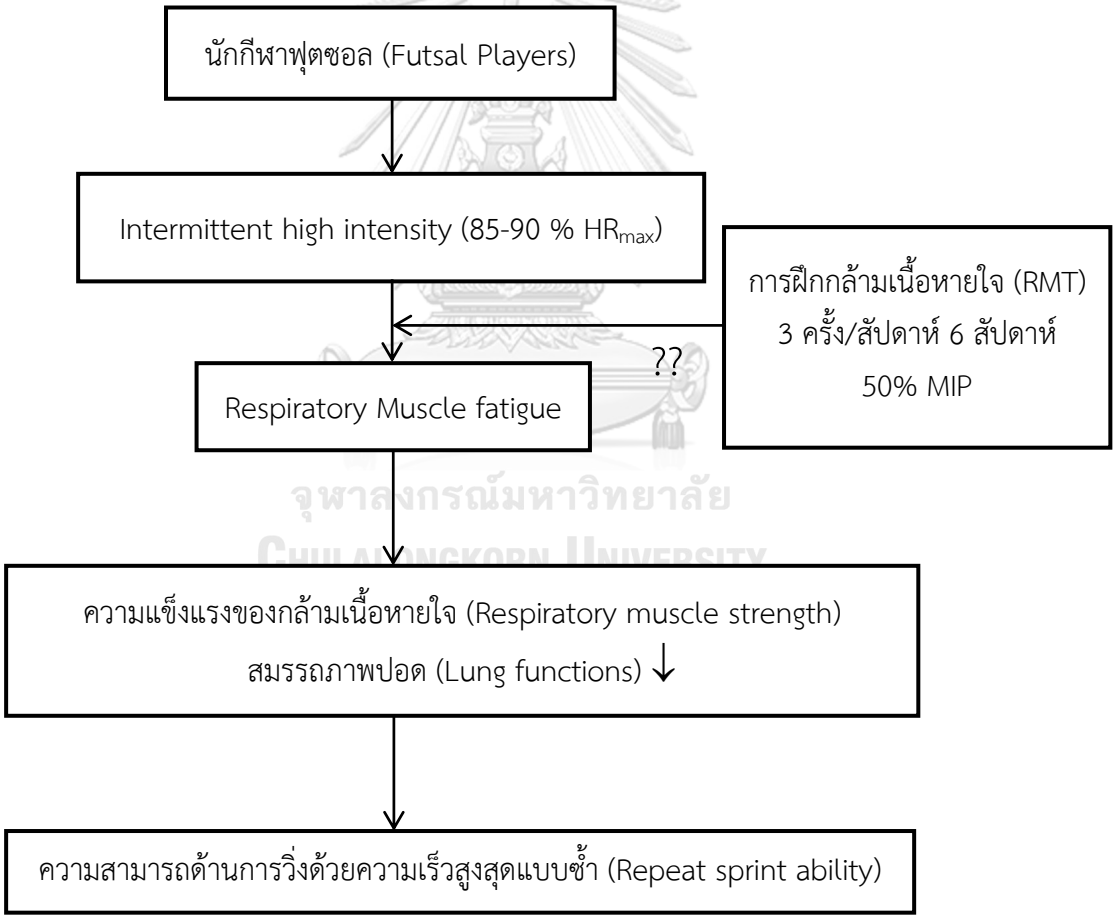
นิคและคณะ (Nicks, Morgan et al. 2009) ได้ศึกษาอิทธิพลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพของกีฬาที่มีเกมส์การเล่นแบบ โดยมีผู้เข้าร่วมการทดลอง 27 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจฝึก 10 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ มีการวัดผลโดยทดสอบการวิ่งไปกลับจนกว่าจะหมดแรง (Yo-Yo intermittent recovery test) พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาสมรรถภาพในการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องในนักกีฬาฟุตบอลได้

โรมเมอร์และคณะ (Romer, McConnell et al. 2002) ได้ศึกษาผลการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อช่วงพักในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบซ้ำ ทำการทดลอง 6 สัปดาห์ จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 12 คน และกลุ่มควบคุม 12 คน กลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะทำ 2 ครั้งต่อวัน พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาการฟื้นฟูร่างกายในกีฬาแบบไม่ต่อเนื่องได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีระดับความหนักของกิจกรรมค่อนข้างสูงและไม่ต่อเนื่อง (Intermittent high intensity) นักกีฬาต้องวิ่งด้วยความเร็วที่ความหนักระดับสูงซ้ำกันติดต่อหลายเที่ยวและที่สำคัญมีช่วงระยะเวลาพักสั้นมาก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่นักกีฬาฟุตซอลต้องมีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อหายใจซึ่งส่งผลต่อสมรรถภาพปอด และจะส่งผลต่อความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ งานวิจัยนี้สนใจที่จะทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ว่าจะมีผลหรือไม่อย่างไรต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeat sprint ability) ในนักกีฬาฟุตซอล ดังรูปที่ 8.



รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA No. 226/60 รับรองเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2561 โดยมีระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักกีฬาฟุตซอล

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 25 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็น 2 กลุ่ม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลของบาดามและคณะ (Badaam Khaled, Munibuddin et al. 2013) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error; α) ที่ 0.05 ได้ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size; d) ที่ 1.1 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 12 คน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยใช้ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) นำผลที่ได้มาเรียงลำดับตั้งแต่ 1-24 แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 12 คนโดยการจับคู่ (Match by pair) เพื่อให้แต่ละกลุ่มมีความเท่าเทียมกันมากที่สุด (ดังตารางที่ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการจับคู่

	กลุ่มทดลอง	**กลุ่มควบคุม**
ลำดับที่	1	2
	4	3
	5	6
	8	7
	⇣	⇣
	23	24
รวม	**12 คน**	**12 คน**

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน แบ่งออกเป็น

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก (Placebo) และฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย อายุระหว่าง 15 – 25 ปี ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ไม่มีการบาดเจ็บที่รุนแรงที่ส่งผลต่อการฝึกซ้อม
3. สามารถปฏิบัติตามคำอธิบายจากผู้ฝึก

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น บาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ
3. เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% หรือเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 15 ครั้ง จาก 18 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

<u>เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสรีรวิทยา</u>

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body) ประเทศเกาหลีใต้
2. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์
3. เครื่องวัดความดันโลหิต (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) ประเทศญี่ปุ่น

<u>เครื่องมือวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด</u>

เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) ประเทศสหรัฐอเมริกา

<u>เครื่องมือวัดตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ</u>

เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยี่ห้อไมโคเมดดิคอล (Micro medical) ประเทศอังกฤษ

<u>เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ</u>

1. การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา กรวย นกหวีด และตลับเมตร

2. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในเลือดยี่ห้ออะคูเช็ค (Accu chek)

<u>เครื่องมือสำหรับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ</u>

อุปกรณ์ฝึกหายใจ (POWER breathe) ยี่ห้อแกม (Gaiam) ประเทศอังกฤษ (ดังภาคผนวก ก)

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล</u>

แบบบันทึกข้อมูลตัวแปรด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (ดังภาคผนวก ข)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. นำรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลไป พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเพื่อหาความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence; IOC) และปรับปรุงโปรแกรมการฝึกให้มีความเหมาะสม

4. ทำการศึกษานำร่องก่อนการวิจัย (Try out) เพื่อทดลองรูปแบบการฝึก และทดสอบวิธีการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรต่างๆ กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย

5. ดำเนินการติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทำหนังสือขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

6. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า และชี้แจงเกี่ยวกับโครงการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างต้องลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมในงานวิจัย

7. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอน ดังนี้

7.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วย

7.1.1 ชั่งน้ำหนักตัว (Body weight) และวัดส่วนสูง (Height) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kilogram; kg.) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (Centimeter; cm.)

7.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Heart rate resting) และความดันโลหิต (Blood pressure) ด้วยเครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ (Polar) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงวัดท่านั่งด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (Beat/min; bpm) และความดันโลหิตใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท (Millimeter of mercury; mmHg)

7.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย

7.2.1 ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) มีหน่วยเป็นลิตร (Liters) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) มีหน่วยเป็นลิตร (Liters) ด้วยเครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) โดยการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอมที่เป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้า

ออกปกติจำนวน 2 – 3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด โดยทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ผล

7.2.2 ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) โดยการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอมที่เป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจออกและเข้าอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15 วินาที มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที (Liters/min) โดยทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ผล

7.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP) ด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยี่ห้อไมโครเมดดิคอล (Micro medical) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ มีหน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ (cmH_2O) โดยทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ผล

สำหรับการวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจนั้น จะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการวัดตับแปรแต่ละค่า โดยการเป่าหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ค่านั้นคงที่ก่อน จึงทำการบันทึกข้อมูล และในการเป่าอุปกรณ์ทั้งค่าความจุปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจนั้น จะมีหลอดพลาสติกและตัวกรองเชื้อโรค โดยเปลี่ยนใหม่ในทุกครั้งที่เปลี่ยนคนเป่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7.4 ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ประกอบด้วย

7.4.1 การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งเร็วระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 10 วินาที และจับเวลาในแต่ละเที่ยว และนำมาหาค่าพลังสูงสุดเฉลี่ย (Mean power) ค่าพลังสูงสุด (Maximum power) ค่าพลังต่ำสุด (Minimum power) และค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยใช้สูตร (Zagatto, Beck et al. 2009) (ดังภาคผนวก ค)

$$\text{ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก} = \frac{\text{น้ำหนักตัว (กก.) x ระยะทาง}^2\text{ (ม.)}}{\text{เวลา}^3\text{ (วินาที)}}$$

$$\text{\% Fatigue index} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

$$\text{ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด})}{\text{ผลรวมเวลาทั้งหมด 6 รอบ}}$$

7.4.2 การวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) โดยทำการเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์กรดแลคติกก่อนและหลังการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ การเจาะเลือดจะเจาะที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง และนำไปแตะบนแผ่นวิเคราะห์เพื่อนำเข้าเครื่องวิเคราะห์กรดแลคติก โดยจะใช้เลือดในปริมาณ 1 หยด

8. นำผลค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดที่วัดได้ในข้อ 7.3 มาเรียงลำดับตั้งแต่ 1-24 แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คนโดยการจับคู่

9. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือจากการที่กลุ่มตัวอย่างฝึกซ้อมปกติ โดยทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ รวม 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก (Placebo) และฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

9.1 การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeated sprint training) ทั้ง 2 กลุ่มจะทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยขั้นตอนการฝึกมีดังนี้

9.1.1 อบอุ่นร่างกาย (Warm-up) ประมาณ 10 นาที เริ่มด้วยการวิ่งเหยาะๆ (Jogging) และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ประกอบด้วยท่าต่างๆ ดังนี้ (ดังภาคผนวก ง)

ท่าที่ 1 การก้าวขาไปด้านหน้าและย่อตัวลง (Lung Stretch)

ท่าที่ 2 การวิ่งพร้อมเตะขาตรงไปด้านหน้า (Shuffle Step)

ท่าที่ 3 การวิ่งพร้อมกับยกเข่าสูง (High knees)

ท่าที่ 4 การวิ่งพร้อมกับเตะขาไปด้านหลัง (Butt kicks)

ท่าที่ 5 การวิ่งพร้อมกับเตะขาเฉียงไปด้านหน้าลำตัว (Side kicks) สลับซ้ายขวา

ท่าที่ 6 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าเข้าด้านในลำตัว (Closed knees)

ท่าที่ 7 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าออกด้านนอกลำตัว (Open knees)

จากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบค้างนิ่ง (Static stretching) โดยยืดเหยียดค้างไว้ท่าละประมาณ 15 - 20 วินาที ประกอบด้วยท่าต่างๆ ดังนี้

ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder stretch)

ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps stretch)

ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (Side reach)

ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing quad stretch)

ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing calf stretch)

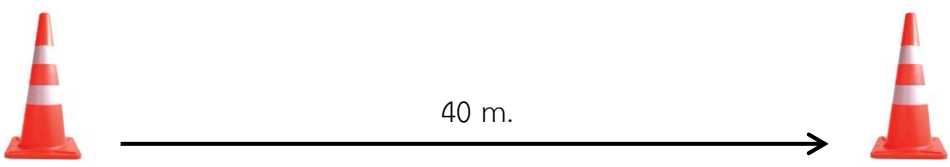
ท่าที่ 6 การยืดเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon - heel stretch)

ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back stretch)

ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Seated hamstring stretch)

ท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา (Seated groin and inner thigh stretch)

9.1.2 ฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยใช้ระยะทาง 40 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที รวมเวลาในการฝึกทั้งสิ้นประมาณ 20 นาที ดังรูปที่ 9.



	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 1	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										

↓

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 2	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										

↓

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 3	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.

รูปที่ 9 รูปแบบการฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

(ที่มา: Nascimento et al, 2015)

9.2 การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ โดยทั้งสองกลุ่มทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แต่ในกลุ่มควบคุมจะเป็นการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยไม่มีความหนัก โดยขั้นตอนการฝึกมีดังนี้

9.2.1 กลุ่มทดลองทำการฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกหายใจ (Power breathe) โดย ใช้ความหนักในการฝึกที่ระดับ 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) กำหนดระดับความหนักโดยเทียบจากความหนัก (Load) ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความหนักจากค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดเป็นระดับ (Level)

Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Load (cmH_2O)	10	40	70	100	130	160	190	220	255

ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าความหนัก

หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีค่าค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) เท่ากับ 100 cmH_2O การฝึก จะใช้ความหนักที่ระดับ 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด จะมีค่าเท่ากับ 50 cmH_2O ซึ่งเทียบได้กับระดับที่ 2 (Level 2) ของอุปกรณ์การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

วิธีการฝึกหายใจมีดังนี้

1. ยืนตัวตรงและถืออุปกรณ์ฝึกหายใจด้วยมือข้างที่ถนัด และใช้ริมฝีปากอมส่วนที่ใช้ปากเป่า (Mouthpiece) โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างริมผีปากกับที่เป่า

2. จากนั้นหายใจเข้าออก จำนวน 10 ครั้ง เพื่อเป็นการวอร์มอัพ (Warm up)

3. ปรับระดับความหนักตามระดับความหนักที่ใช้ฝึก

4. ใช้อุปกรณ์หนีบจมูก (Nose-clip) หนีบจมูกผู้ฝึกไว้ โดยที่หนีบจะเป็นลักษณะพลาสติกและหุ้มด้วยโฟมนุ่มๆ ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดรอยเขียวช้ำหรือเกิดอาการเจ็บแต่อย่างใด โดยจะหนีบไว้ตลอดช่วงการฝึกหายใจแต่ละเซต

5. หายใจเข้า (Breath in) อย่างแรงทางปากให้สุด โดยหลังตรงและให้อกขยาย และหายใจออกอย่างช้าๆ และยาวจนอากาศออกจากปอดจนหมด

6. ทำการฝึกหายใจทั้งหมด 30 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

9.2.2 กลุ่มควบคุมทำการฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกหายใจเหมือนในกลุ่มทดลอง แต่จะไม่มีความหนักในการฝึก โดยวิธีการฝึกใช้เหมือนกับในกลุ่มทดลอง

9.3 โดยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจก่อน และจากนั้นพัก 5 นาที จึงทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ดังรูปที่ 10. และ 11.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฝึกหายใจแบบไม่มีความหนัก 3 ครั้ง/สัปดาห์ 6 สัปดาห์

Set I	→ Rest	→ Set II
Power breathe 30 ครั้ง	3 นาที	Power breathe 30 ครั้ง

↓

พัก 5 นาที

↓

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 1	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										

↓

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 2	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										

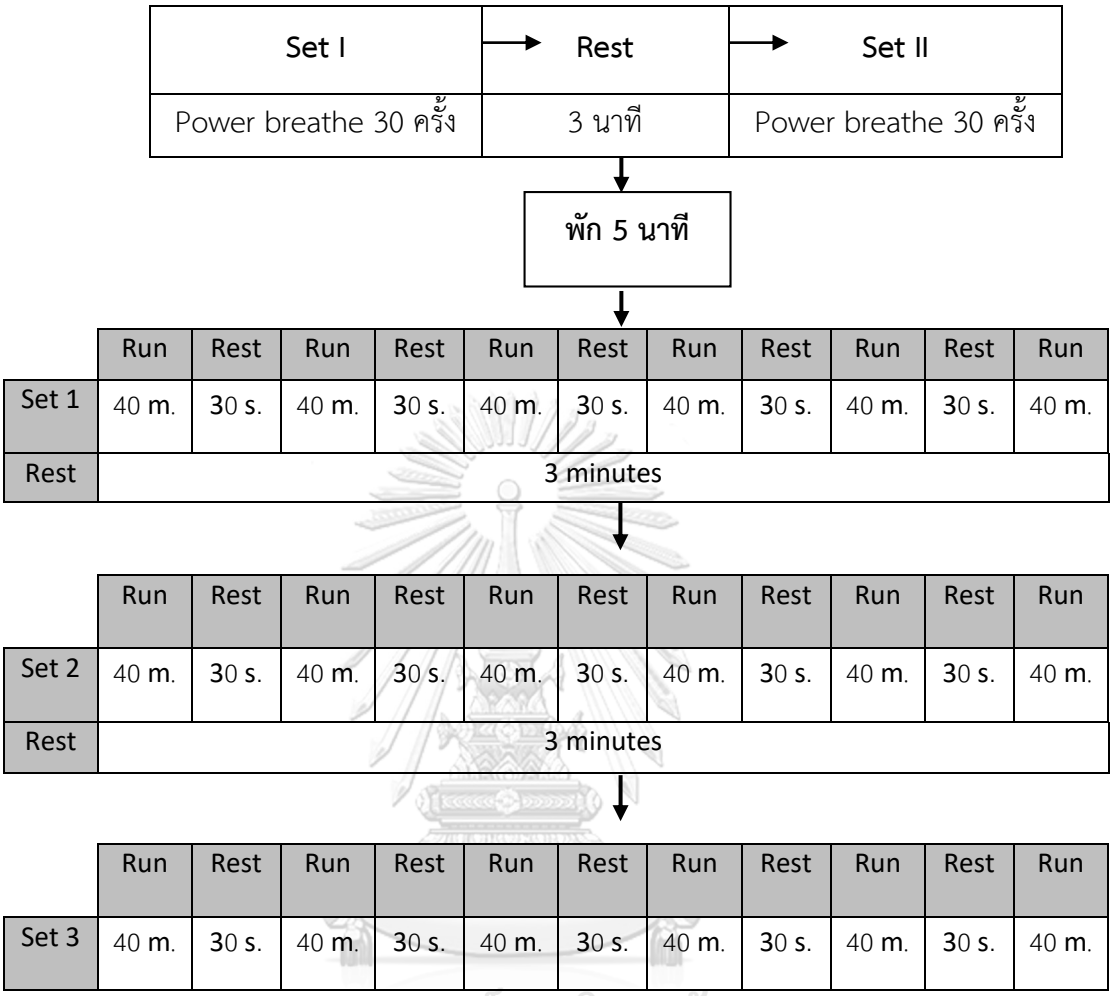
↓

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 3	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.

รูปที่ 10 ขั้นตอนการฝึกของกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฝึกหายใจโดยใช้ความหนัก 50% MIP 3 ครั้ง/สัปดาห์ 6 สัปดาห์



รูปที่ 11 ขั้นตอนการฝึกของกลุ่มทดลอง

9.2.2 หลังจากการฝึกหายใจ ทำการพัก 5 นาที แล้วฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ โดยทำการฝึกเหมือนกลุ่มควบคุม (ข้อ 9.1) ขั้นตอนการฝึกของกลุ่มทดลองดังแสดงในรูปที่ 10.

10. หลังจากฝึกครบ 6 สัปดาห์แล้วทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอนดังเช่นการทดสอบก่อนการทดลอง โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงใน รูปที่ 12.

11. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีผู้ช่วยวิจัยเป็นนิสิตปริญญาตรี จำนวน 2 คน ทำหน้าที่ช่วยจับเวลา และบันทึกข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายรูปแบบการฝึกและการเก็บข้อมูลรวมถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยให้ผู้ช่วยวิจัยเข้าใจอย่างชัดเจน

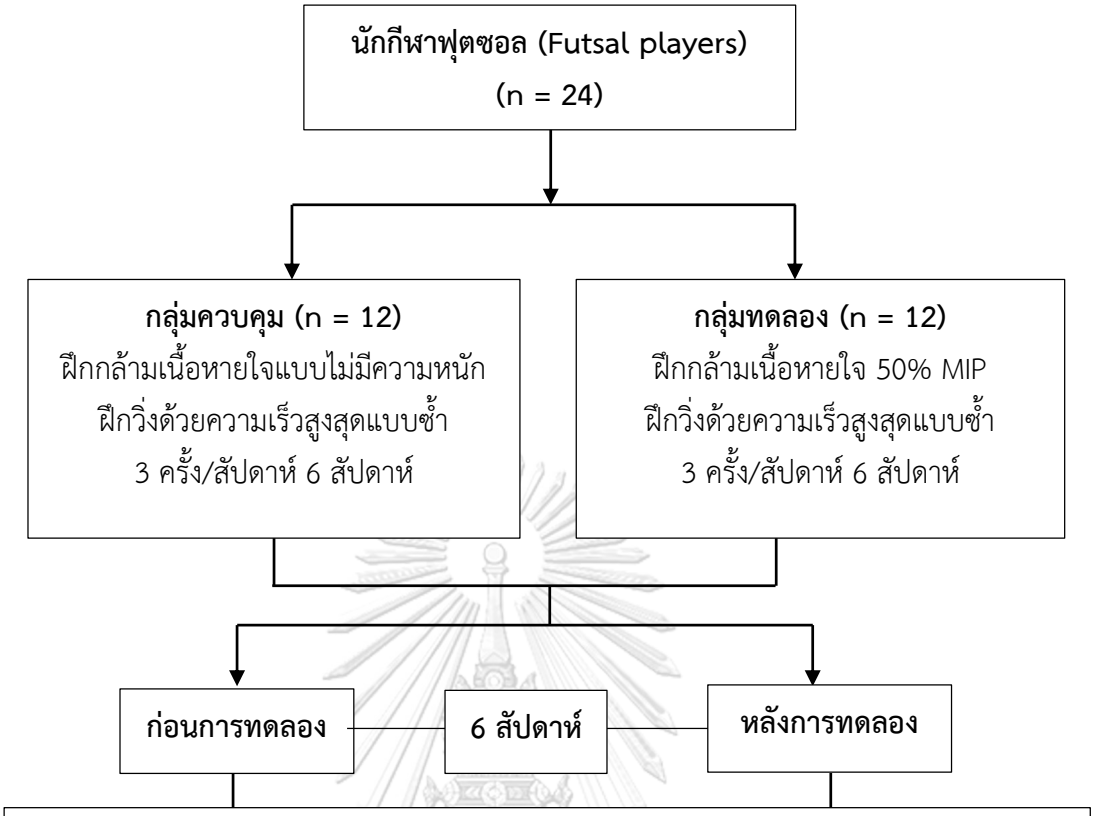
2. สถานที่ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ สนามกีฬาจันทนยิ่งยง และคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent -T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



- **ตัวแปรด้านสรีรวิทยา**
  - น้ำหนักตัว (Body weight)
  - ส่วนสูง (Height)
  - อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (HR_{rest})
  - ความดันโลหิต (Blood pressure)
- **ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด**
  - ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC)
  - ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1)
  - ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV)
- **ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ**
  - ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP)
  - ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP)
- **ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ**
  - การทดสอบ RAST
  - ค่ากรดแลคติกในเลือด

รูปที่ 12 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะข้อมูล

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลของนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 24 คน และนำมาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วจึงนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยา

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุม

รายการ	กลุ่มควบคุม (n=12)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
Age (years)	21.17	1.99	21.17	1.99	-	-
Weight (kg.)	64.42	7.51	64.47	7.62	-0.54	0.600
Height (cm.)	172.42	7.12	172.42	7.12	-	-
BMI (kg/m^2)	21.66	2.14	21.69	2.18	-1.000	.339
%FAT (%)	13.80	3.02	13.77	3.30	.192	.851
HR (beat/min)	67.325	6.45	66.58	7.93	.576	.576
Systolic BP (mmHg)	121.25	4.82	119.33	3.93	2.171	.053
Diastolic BP (mmHg)	81.83	8.94	81.50	7.94	0.398	.698

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย %ไขมันใต้ผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตของนักฟุตซอล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุมหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มทดลอง

รายการ	กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (n=12)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
Age (year)	20.25	1.35	20.25	1.35	-	-
Weight (kg.)	62.48	6.21	62.77	6.35	-1.56	0.146
Height (cm)	172.08	4.21	172.08	4.21	-	-
BMI (kg/m^2)	21.14	2.31	21.24	2.30	-1.806	.098
%FAT (%)	15.33	4.30	15.17	4.10	.918	.378
HR (beat/min)	68.17	6.07	66.00	5.19	2.049	.065
Systolic BP (mmHg)	121.75	9.80	122.58	9.86	-.121	.906
Diastolic BP (mmHg)	76.50	5.10	76.58	4.76	-.898	.388

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย %ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตของนักฟุตซอล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มของกลุ่มทดลองหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการ	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ		t		p-value	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
Age (year)	21.17±1.99	21.17±1.99	20.25±1.35	20.25±1.35	-1.317	-1.317	.201	.201
Weight (kg.)	64.42±7.51	64.47±7.62	62.48±6.21	62.77±6.35	-.687	-.594	.499	.559
Height (cm)	172.42±7.12	172.42±7.12	172.08±4.21	172.08±4.21	-.140	-.140	.890	.890
BMI (kg/m^2)	21.66±2.14	21.69±2.18	21.14±2.31	21.24±2.30	-.583	-.490	.566	.629
%FAT (%)	13.80±3.02	13.77±3.30	15.33±4.30	15.17±4.10	1.006	.916	.325	.370
HR (beat/min)	67.325±6.45	66.58±7.93	68.17±6.07	66.00±5.19	.358	-.213	.724	.833
Systolic BP (mmHg)	121.25±4.82	119.33±3.93	121.75±9.80	122.58±9.86	.159	1.061	.875	.300
Diastolic BP (mmHg)	81.83±8.94	81.50±7.94	76.50±5.10	76.58±4.76	-1.795	-1.839	.086	.080

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย %ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวของนักฟุตซอล ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทั้งก่อน และหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุม

รายการ	กลุ่มควบคุม (n=14)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
FVC (L)	3.82	0.94	3.88	1.08	-0.23	0.817
FEV1 (L)	3.44	0.83	3.67	0.84	-0.86	0.407
%FEV1/FVC	90.10	12.90	95.80	6.10	-1.29	0.223
MVV (L/min)	99.21	20.27	99.72	20.83	-0.16	0.878
MIP (cmH_2o)	87.25	10.08	86.33	9.65	0.49	0.633
MEP (cmH_2o)	57.25	11.45	69.83	18.47	-1.90	0.084

จากตารางที่ 7 การเปรียบเทียบด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุม ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มทดลอง

รายการ	กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (n=12)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
FVC (L)	3.19	0.53	3.97	0.37	-3.86	0.003*
FEV1 (L)	3.09	0.75	3.40	0.69	-0.85	0.412
%FEV1/FVC	85.95	15.29	95.72	8.48	-1.71	0.115
MVV (L/min)	91.59	16.13	123.44	13.26	-6.93	0.000*
MIP (cmH_2o)	91.08	11.71	112.08	15.42	-9.49	0.000*
MEP (cmH_2o)	60.50	9.44	83.75	18.34	-4.11	0.002*

*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

จากตารางที่ 8 การเปรียบเทียบด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มทดลอง ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ส่วนค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที พบว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

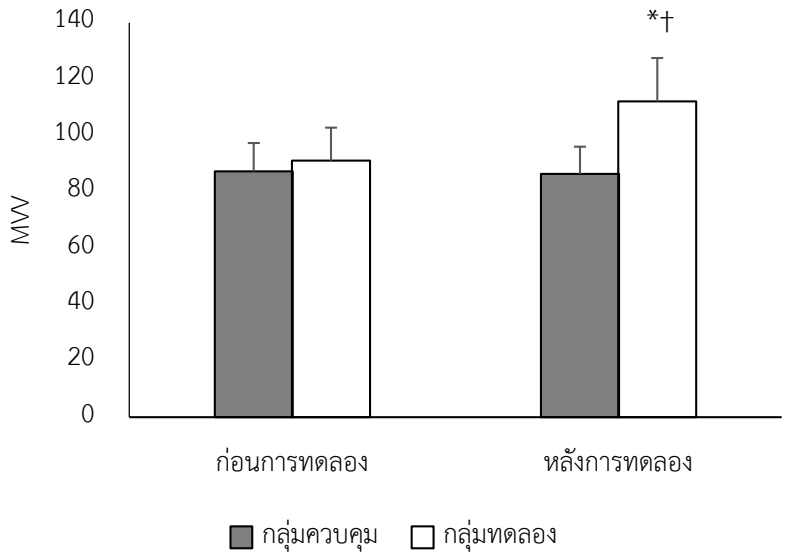
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการ	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ		t		p-value	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
FVC (L)	3.82±0.94	3.88±1.08	3.35±0.53	3.97±0.37	-2.03	0.29	0.057	0.769
FEV1 (L)	3.44±0.83	3.67±0.84	3.26±0.75	3.40±0.69	-1.05	-0.85	0.303	0.403
%FEV1/FVC	90.10±12.90	95.80±6.10	85.95±15.29	95.72±8.48	-.87	-0.02	0.392	0.980
MVV (L/min)	99.21±20.27	99.72±20.83	91.59±16.13	123.44±13.26	-1.01	3.32	0.319	0.003†
MIP(cmH_2o)	87.25±10.08	86.33±9.65	91.08±11.71	112.08±15.42	0.85	4.90	0.400	0.000†
MEP (cmH_2o)	57.25±11.45	69.83±18.47	60.50±9.44	83.75±18.34	0.75	1.85	0.456	0.078

†$p < .05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

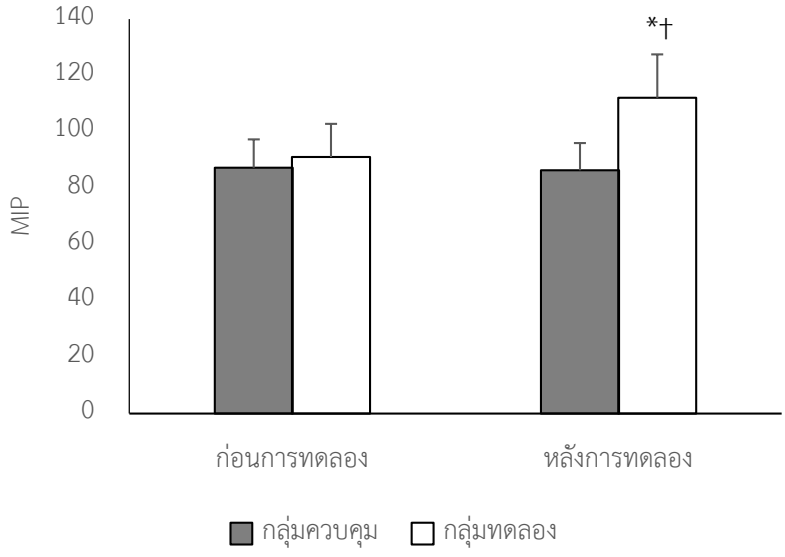
จากตารางที่ 9 การเปรียบเทียบด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้แก่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ส่วนค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05



*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

†p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

†p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD)แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

ตารางที่ 10 ตัวแปรของกรดแลคติกของกลุ่มควบคุม

รายการ	**กลุ่มควบคุม (n=12)**				**t**	**p-value**
	ก่อนทดลอง		**หลังทดลอง**			
	$\bar{x}$	**SD**	$\bar{x}$	**SD**		
กรดแลคติกก่อน RAST test	2.15	0.44	11.02	2.76	0.634	0.539
กรดแลคติกหลัง RAST test	2.03	0.48	11.21	2.75	-0.632	0.540

จากตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสาความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ กรดแลคติก พบว่าไม่เปลี่ยนแปลงของกรดแลคติก เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ตัวแปรของกรดแลคติกของกลุ่มทดลอง

รายการ	กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (n=12)				t	p-value
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
กรดแลคติกก่อน RAST test	2.25	0.53	12.29	3.81	0.824	0.428
กรดแลคติกหลัง RAST test	2.05	0.54	8.90	1.73	4.409	0.001*

*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

จากตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสาความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ กรดแลคติก พบว่ามีเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติก เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มของกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

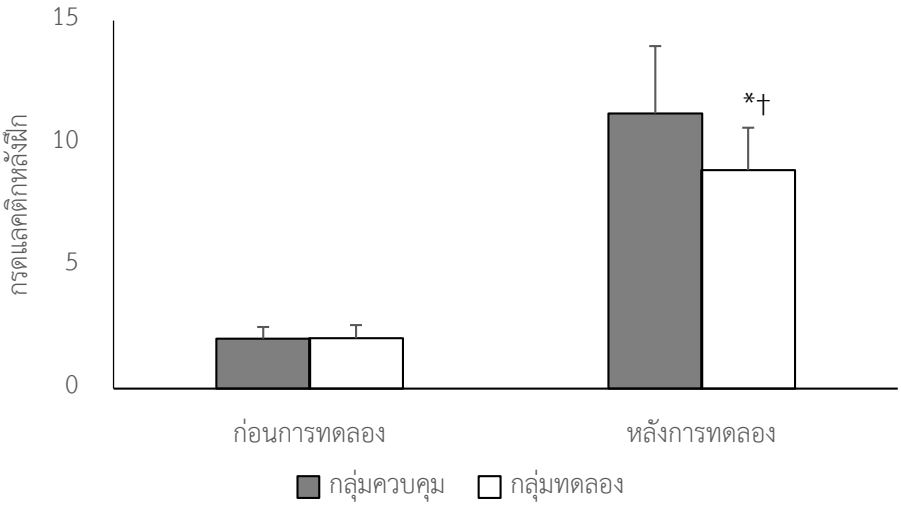
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ตัวแปรของกรดแลคติกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ		t		p-value	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
กรดแลคติกก่อน RAST test	2.15±0.44	11.02±2.76	2.25±0.53	12.29±3.81	0.500	0.931	0.622	0.362
กรดแลคติกหลัง RAST test	2.03±0.48	11.21±2.75	2.05±0.54	8.90±1.73	0.119	-2.461	0.906	0.022†

†$p < .05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ กรดแลคติก พบว่ามีเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05



*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

†p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) กรดแลคติกหลังฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

รายการ	กลุ่มควบคุม (n=12)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
PeakPower (Watts)	612.10	137.06	663.68	195.66	-2.03	0.067
Fatigue (%)	8.25	2.7	8.24	2.4	0.1	0.992
Time (sec.)	33.00	1.59	32.97	1.79	0.096	0.925

จากตารางที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย และเวลาที่ใช้ในการวิ่ง พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

รายการ	กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (n=12)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
PeakPower (Watts)	634.56	110.12	868.63	156.92	-5.36	0.000*
Fatigue (%)	9.82	2.52	9.00	2.8	1.1	0.209
Time (sec.)	32.27	1.9	28.57	1.48	6.17	0.000*

*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

จากตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีการลดลงของเวลาที่ใช้ในการวิ่งเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

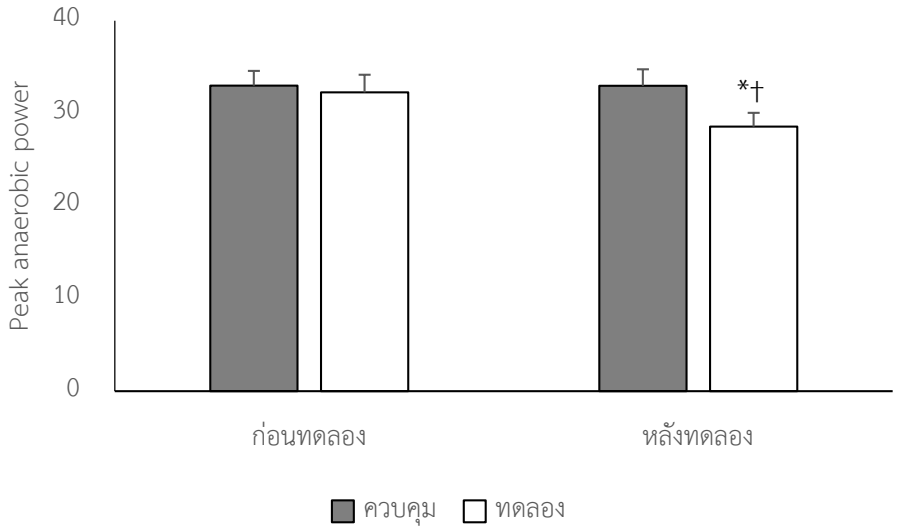
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ		t		p-value	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
PeakPower (Watts)	612.10±137.06	663.68±195.66	634.56±110.12	868.63±156.92	.443	2.831	.662	0.01†
Fatigue (%)	8.25±2.7	8.24±2.4	9.82±2.52	9.00±2.8	1.44	0.71	1.6	.485
Time(sec.)	33.00±1.59	32.97±1.79	32.27±1.9	28.57±1.48	-1.01	-6.54	0.32	0.000†

†$p < .05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

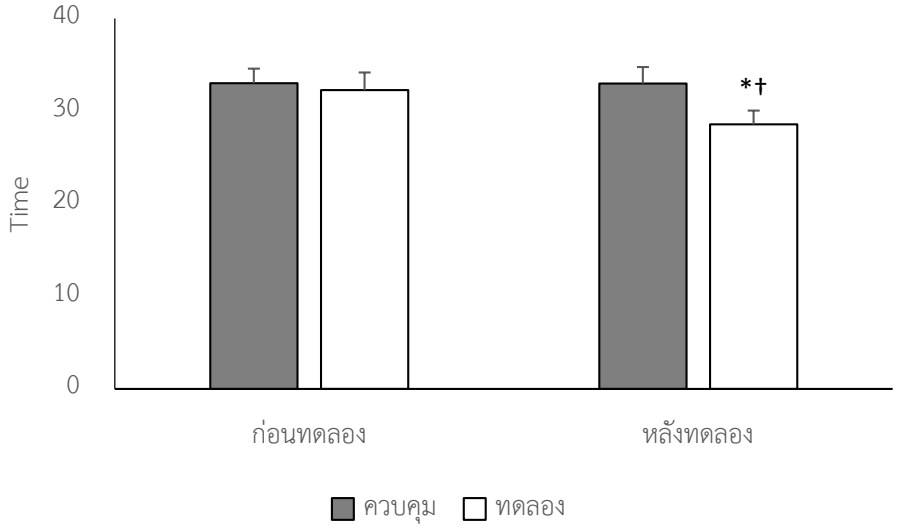
จากตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสาความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ได้แก่ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ส่วนค่าดัชนีความเหนื่อยพบว่าไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และมีการลดลงของเวลาที่ใช้ในการวิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05



*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

†p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ก่อนฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



*p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

†p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน (SD) เวลาที่ใช้ในการทดสอบ RAST test ก่อนฝึกก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชายจำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก (Placebo) และฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ โดยทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทำการวัดตัวแปรต่างๆ ได้แก่ 1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วยน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิต 2. ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) ค่าอัตราส่วนปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1/FVC) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) 3. ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ประกอบด้วย การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรินท์ (RAST) และการวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในแต่ละกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มการทดลองโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการวิจัย

1. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว เมื่อเปรียบเทียบทั้งระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 1

2. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ในส่วนของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดพบว่ากลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และมีค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) และค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

3. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีระดับของกรดแลคติกในเลือดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรูปที่ 2

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งจากผลการวิจัยที่พบสามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

จากผลการวิจัยที่พบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) เพิ่มขึ้น รวมถึงการเพิ่มข้นของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) ซึ่งเป็นการแสดงถึงการมีสมรรถภาพปอดที่ดีขึ้นและกล้ามเนื้อหายใจมีความแข็งแรงขึ้น สอดคล้องกับมาหะจานและคณะ (Mahajan, Kulkarni et al. 2012) จากการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพในการฟื้นตัวและสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breathe) ทำการฝึก 5 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที และผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถพัฒนาช่วยสมรรถภาพของนักฟุตบอลได้ นอกจากนั้น ยังสอดคล้องกับออสแมนและคณะ (Ozmen, Gunes et al. 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงานแบบแอโรบิก ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 15 นาที 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 5 สัปดาห์สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับจอนสันและคณะ (Johnson, Sharpe et al. 2007) ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อการพัฒนาความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะและความสามารถในการแสดงออกทางแอนแอโรบิกในนักกีฬาปั่นจักรยาน โดยกลุ่ม

ทดลองทำการฝึกหายใจ 30 ครั้ง ที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางแอนแอโรบิกในการทดสอบความอดทนในการปั่นจักรยานที่ 5 กิโลจูน (Kj) โดยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะในนักกีฬาปั่นจักรยานได้ ซึ่งการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความสามารถทั้งในทางแอโรบิก แอนแอโรบิก ความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ โดยการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ในการสันดาปออกซิเจน (Oxidative enzymes) การลดลงของระยะทางในการแพร่จากหลอดเลือดฝอยไปสู่กล้ามเนื้อส่งผลในการลดลงของพื้นที่ในเส้นใยกล้ามเนื้อ และเพิ่มความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย (McFadden 2011) การฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะทำให้อัตราการระบายอากาศลดลงซึ่งเกิดจากการเพิ่มปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal volume) และการลดลงของความถี่ในการหายใจ ซึ่งสิ่งนี้ทำให้กล้ามเนื้อหายใจลดการต้องการเลือด และส่งผลให้เลือดมีการไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหวมากขึ้น โดยการพัฒนาของความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ (Volianitis, McConnell et al. 2001) โดยการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถใช้ในระหว่างการออกกำลังกายความเข้มสูงเพื่อชะลอการเริ่มต้นของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลมและเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อหายใจ (Sheel, 2002; Amonette & Dupler, 2002) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยแตกต่างกันตามระยะเวลาหรือความหนักที่ใช้ในการฝึก ซึ่งส่วนใหญ่ผลการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยช่วงของระยะเวลาในการฝึกที่ใช้อยู่ในช่วง 4 ถึง 11 สัปดาห์ และความหนักอยู่ในช่วง 50-80% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Inbar et al., 2000, Romer et al., 2002; Holm et al., 2004) ซึ่งผลจากการวิจัยนี้ ช่วยสนับสนุนและเป็นหลักฐานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ความหนัก 50 % ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ นั้นช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตซอลได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ที่มีความเร็วมากกว่า 18.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดในการวิ่งมากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนักที่สูงสุดในการวิ่งเท่ากับ 18.1 - 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Barbero-Alvarez, Soto et al. 2008) มีการสะสมความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเท่ากับ 5.3-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร (Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีการลดลงของระดับของกรดแลคติกในเลือดและการลดลงของเวลาที่ใช้ในการวิ่งรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (RAST) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีสมรรถภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งการ

ที่ค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่เปลี่ยนแปลงนั้น อาจเป็นเพราะว่ากลุ่มตัวอย่างวิ่งในแต่ละรอบไม่เต็มที่ ถึงแม้ผู้วิจัยจะควบคุมดูแล แต่ไม่สามารถจะเห็นได้ว่าที่กลุ่มตัวอย่างเต็มที่นั้นแล้วจริง และอีกเหตุผลนึงอาจเป็นเพราะให้ช่วงการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตซอลของมหาวิทยาลัยนั้นพึ่งหยุดจากการฝึกซ้อมประมาณ 2 เดือนหลังจากการการแข่งขันกีฬามหาลัยวิทยาลัย และพึ่งเริ่มฝึกซ้อมใหม่ได้ประมาณ 1 เดือน โดยคำนวณค่าทางแอนแอโรบิกจากการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (RAST) นั้น เพื่อแสดงถึงความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ โดยความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ หมายถึง ความสามารถในการวิ่งซ้ำๆ กันโดยมีการฟื้นคืนสู่สภาพปกติน้อยที่สุดหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถในการแสดงออกถึงสมรรถนะในการวิ่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยมีการฟื้นตัวในระยะเวลาสั้นๆ (Bishop et al., 2011; Stojanovic et al., 2012) ซึ่งความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำขึ้นกับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine; PCr) และการขับไฮโดนเจนไอออน (Hydrogen ions; H^+) ออกจากกล้ามเนื้อระหว่างช่วงของการฟื้นตัว (Recovery) (Aziz, Chia et al. 2000) สำหรับสมรรถภาพที่สอดคล้องกันในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ดูได้จากการกลับคืนสู่สภาพเดิมที่เพียงพอระหว่างการวิ่ง กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้นและเพิ่มความหนักของการรับรู้ความรู้สึกรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของความถี่และความลึกในการหายใจ ทำให้เกิดการหายใจลำบากขึ้น เป็นการเพิ่มงานของการหายใจ (Romer, McConnell et al. 2002) โดยกรดแลคติกเป็นสารเคมีที่เป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นในเซลล์ของกล้ามเนื้อจากขบวนการไกลโคไลสิส ซึ่งเป็นขบวนการสร้างพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน หากมีการออกกำลังกายกรดแลคติกจะมีปริมาณการสะสมมากขึ้น และแพร่เข้าสู่กระแสเลือด โดยกรดแลคติกถูกสร้างขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) ทำหน้าที่รับอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า (Lindinger, 2007) ซึ่งส่งผลต่อการแสดงสมรรถนะในการวิ่งในนักกีฬาฟุตซอลได้ จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำได้ เห็นได้จากการที่นักกีฬาฟุตซอลที่มีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีค่าพลังสูงสุดและความสามารถสูงสุดทางแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น และมีร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยลดลง สอดคล้องกับอาชิซาและคณะ (Archiza, Andaku et al. 2018) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อส่วนอื่นรอบนอกระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูงและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักฟุตบอลหญิง โดยฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ สรุปผลว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อในระบบหายใจและส่งผลให้เกิดการเพิ่มออกซิเจนและการส่งเลือดไปสู่กล้ามเนื้อขาในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความทนทานในการออกกำลังกาย และความสามารถในการวิ่งเร็วในนักฟุตบอลหญิงได้ นอกจากนั้น ยังสอดคล้องกับโรเมอร์และคณะ (Romer, McConnell et al. 2002) รายงานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery time) และลดระดับความเข้มข้นของ

กรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วย อีกทั้งแมคคอนเนลและชาร์ฟ (McConnell and Sharpe 2005) ก็ทำการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยลดความเข้มข้นของกรดแลกติกในเลือดเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับฐาปนวัฒน์ สุขปาละ และวิชิต คนึงสุขเกษม (2554) ที่ศึกษาพบว่าผลการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกมาจากการที่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องมีการเพิ่มความสามารถในการทำงานทำให้การสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่เร็วขึ้น การสะสมของกรดแลกติกระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้กำลังสูงสุดมีการลดลง กรดแลกติกในเลือดถูกกำจัดได้ดีขึ้นส่งผลต่อการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกาย มีการลดลงของกระบวนการไกลโคเจโนไลสิสในกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์นั้น สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของสมรรถภาพปอดและความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกได้ ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ร่วมกับการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตซอลรวมถึงนักกีฬาอื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวแปรอื่น ๆ ที่มีการพัฒนาจากรูปแบบการฝึกกล้ามเนื้อหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณาจารย์ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2555). ตำรากายวิภาคศาสตร์ทั่วไป (*General anatomy).* พิมพ์ครั้งที่ *2.* เชียงใหม่ : ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2552a). สรีรวิทยา *1.* พิมพ์ครั้งที่ *4.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2552b). สรีรวิทยา *2.* พิมพ์ครั้งที่ *4.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม. (2558). ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว *40* หลา *4* เที่ยว. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฐาปนวัฒน์ สุขปาละ และวิชิต คนึงสุขเกษม. (2554). การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*, 13*(2), 33-47.

ดุสิต พรหมอ่อน. (2549). ความสัมพันธ์ของพลังอนากาศนิยม สมรรถภาพอนากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกตและวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ในนักกีฬาฟุตบอล. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไถ้ออน ชินธเนศ. (ม.ป.ป.). สรีรวิทยาของความล้ากับการฝึกซ้อมและออกกำลังกาย.

ธนวัฒน์ กิจสุขสันต์ และถนอมวงศ์ กฤษณเพ็ชร์. (2554). ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจร่วมกับการฝึกออกกำลังกายด้วยยางยืดที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและสุขสมรรถนะในหญิงสูงอายุ. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*, 14*(2), 85-98.

นิรอมลี มะกาเจ. (2555). แบบทดสอบความอดทนที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬาฟุตซอลตามความต้องการทางสรีรวิทยาและกิจกรรมที่ใช้ขณะแข่งขัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก.บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนวดี ณ นคร (Producer). (ม.ป.ป.). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. Retrieved from www.ped.si.mahidol.ac.th/site_data/mykku_med/Exercise%20physiology.doc

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รุ่งชัย ชวนไชยะกูล. (มปป.). สรีรวิทยาของการฝึกเพื่อความทนทาน (Physiologic Approach to Endurance Training). http://www.senate.go.th/w3c/senate/

วรรณพร ทองตะโก. (2558). เอกสารประกอบการสอนวิชา กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์ รหัสวิชา *3910102*.

วิรุฬห์ เหล่าเกษม. (2537). กีฬาเวชศาสตร์ (*Sport medicine).* พิมพ์ครั้งที่ *1*. กรุงเทพฯ : พี.บี. ฟอเรน บุคส์ เซนเตอร์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาอังกฤษ

Amonette, W. E., & Dupler, T. L. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO2max, the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology, 5*(2), 29-35.

Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno Jr, J. C., Oliveira, C. R. d., Ricci, P. A., Phillips, S. A. (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *Journal of sports sciences, 36*(7), 771-780.

Arins, F. B., & da Silva, R. C. R. (2007). Intensity of training sessions among professional indoor soccer (futsal) players: a case study. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance, 9*(3), 291-296.

Attene, G., Nikolaidis, P. T., Bragazzi, N. L., Dello Iacono, A., Pizzolato, F., Zagatto, A. M., Mannucci Pacini, E. (2016). Repeated sprint ability in young basketball players (Part 2): The chronic effects of multidirection and of one change of direction are comparable in terms of physiological and performance responses. *Frontiers in physiology, 7*, 262.

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.

Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Johnson, B. D., & Dempsey, J. A. (1996). Aerobic fitness effects on exercise- induced low- frequency diaphragm fatigue. *Journal of Applied Physiology, 81*(5), 2156-2164.

Badaam Khaled, M., Munibuddin, A., Khan, S., Choudhari, S., & Doiphode, R. (2013). Effect of traditional aerobic exercises versus sprint interval training on pulmonary function tests in young sedentary males: a randomised controlled trial. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 7*(9), 1890.

Barbero-Álvarez, J., Soto Hermoso, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda, J. (2008). *Match analysis and heart rate of futsal players during competition* (Vol. 26).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Barbero-Alvarez, J., Soto, V., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of sports sciences, 26*(1), 63-73.

Barbero-Alvarez, J., Subiela, J., Granda-Vera, J., Castagna, C., Gómez, M., & Del Coso, J. (2015). Aerobic fitness and performance in elite female futsal players. *Biology of sport, 32*(4), 339.

Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability part II: Recommendations for training. *Sports Medicine, 41*(9), 741-756.

Bompa, T. O. (1999). *Preiodization training for sport : Programs for peak strength in 35 sport.*: Toronto, Canada: Veritas.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(10), 2715-2722.

Burns, T. (2003). *Holistic futsal: a total mind-body-spirit approach*.

Castagna, C., Belardinelli, R., Impellizzeri, F. M., Abt, G. A., Coutts, A. J., & D'Ottavio, S. (2007). Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport, 10*(2), 89-95.

Castagna, C., D'Ottavio, S., Vera, J. G., & Álvarez, J. C. B. (2009). Match demands of professional Futsal: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport, 12*(4), 490-494.

Coast, J. R., Clifford, P. S., Henrich, T. W., Stray-Gundersen, J., & Johnson Jr, R. L. (1990). Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 22*(6), 811-815.

Dixon, D. (2014). A pilot study of the physiological demands of futsal referees engaged in international friendly matches. *American Journal of Sports Science and Medicine, 2*(3), 103-107.

Erceg, M., Grgantov, Z., Rađa, A., & Milić, M. (2013). Differences in pulmonary function among Croatian Premier League soccer and futsal players. *Paripex-Indian journal of research, 2*(8), 236.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Kovacs, M. S., & Moya, M. (2015). In-season effect of a combined repeated sprint and explosive strength training program on elite junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(2), 351-357.

Gantois, P., Aidar, F. J., De Matos, D. G., De Souza, R. F., Da Silva, L. M., De Castro, K. R., Cabral, B. G. (2017). Repeated sprints and the relationship with anaerobic and aerobic fitness of basketball athletes. *Journal of Physical Education and Sport, 17*(2), 910.

Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Chamari, K., & Souissi, N. (2015). Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of sport, 32*(3), 207.

Gigliotti, F., Binazzi, B., & Scano, G. (2006). Does training of respiratory muscles affect exercise performance in healthy subjects? *Respiratory medicine, 100*(6), 1117-1120.

Gioldasis, A. (2016). A Review of Anthropometrical, Physiological, Psychological and Training Parameters of Futsal.

Guenette, J. A., & Sheel, A. (2007). Physiological consequences of a high work of breathing during heavy exercise in humans. *Journal of Science and Medicine in Sport, 10*(6), 341-350.

Gunstream, S. E. (2013). *Anatomy & physiology : with integrated study guide.* (5th ed ed.). NewYork: McGraw-Hill.

Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B., Dempsey, J. A. (1998). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology, 85*(2), 609-618.

Heyward, V. H. (2010). *Advanced fitness assessment and exercise prescription.* Champaign, Illinois: Human Kinetic.

Holm, P., Sattler, A., & Fregosi, R. F. (2004). Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC Physiol, 4*(9), 10.1186.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y. A. I. R., Rotstein, A., & Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise. *32*(7), 1233-1237.

Janssen, P. (2016). Physiology and energy system in body. http://www.cyclingsupportz.com/th/2016/05/09/053-th

Johnson, Sharpe, & Brown. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology, 101*(6), 761-770.

Johnson, B. D., Babcock, M. A., Suman, O. E., & Dempsey, J. A. (1993). Exercise‐induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *The Journal of physiology, 460*(1), 385-405.

Jones, R. M., Cook, C. C., Kilduff, L. P., Milanović, Z., James, N., Sporiš, G., . . . Vučković, G. (2013). Relationship between repeated sprint ability and aerobic capacity in professional soccer players. *The Scientific World Journal, 2013*.

Klusiewicz, A., Borkowski, L., Zdanowicz, R., Boros, P., & Wesolowski, S. (2008). The inspiratory muscle training in elite rowers. *Journal of sports medicine and physical fitness, 48*(3), 279.

Lima, A. M. J. d., Silva, D. V. G., & Souza, A. O. S. d. (2005). Correlation between direct and indirect VO2max measurements in indoor soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 11*(3), 164-166.

Luebbers, P. E. (2001). *An examination of the relationship among three tests of anaerobic capacity.* (Master's thesis), Emporia State University.

Mahajan, A., Kulkarni, N., Khatri, S., Kazi, A., & Shinde, N. (2012). EFFECTIVENESS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING IN RECREATIONAL SOCCER PLAYERS: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL. *Romanian Journal of Physical Therapy/Revista Romana de Kinetoterapie, 18*(30).

Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., & Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 52*(4), 366-374.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

McConnell, A. K., & Sharpe, G. R. (2005). The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady- state and blood lactate concentration. *European journal of applied physiology, 94*(3), 277-284.

McFadden, C. (2011). The effects of inspiratory muscle training on anaerobic power in trained cyclists.

Minahan, C., Sheehan, B., Doutreband, R., Kirkwood, T., Reeves, D., & Cross, T. (2015). Repeated- sprint cycling does not induce respiratory muscle fatigue in active adults: measurements from the powerbreathe inspiratory muscle trainer. *Journal of sports science & medicine, 14*(1), 233.

Nascimento, P. C. d., Lucas, R. D. D., Pupo, J. D., Arins, F. B., Castagna, C., & Guglielmo, L. G. A. (2015). Effects of four weeks of repeated sprint training on physiological indices in futsal players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 17*(1), 91-103.

Nicks, C., Morgan, D., Fuller, D., & Caputo, J. (2009). The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *International journal of sports medicine, 30*(01), 16-21.

Ozmen, T., Gunes, G. Y., Ucar, I., Dogan, H., & Gafuroglu, T. U. (2017). Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 57*(5), 507-513.

Powers, S. K., & Howley, E. T. (2009). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. 7th ed.* Boston: McGraw-Hill.

Rannou, F., Prioux, J., Zouhal, H., Gratas- Delamarche, A., & Delamarche, P. (2001). Physiological profile of handball players. *Journal of sports medicine and physical fitness, 41*(3), 349.

Romer, & Dempsey. (2004). *The work of breathing during exercise: implications for performance. Mechanics of breathing: pathophysiology, diagnosis and treatment*. Milano: Springer.

Romer, McConnell, A. K., & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *International journal of sports medicine, 23*(05), 353-360.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals. *Sports Medicine, 32*(9), 567-581.

Singh, P. (2016). Effect of Inspiratory Muscle Training versus Breathing Exercise Training to Enhance the Sprint Performance and PiMax on Wheelchair Athletes with Spinal Cord Injury. *J Spine, 5*(314), 2.

Sperlich, B., Fricke, H., De Marées, M., Linville, J. W., & Mester, J. (2009). Does respiratory muscle training increase physical performance? *Military medicine, 174*(9), 977-982.

Stojanovic, M. D., Ostojic, S. M., Calleja-González, J., Milosevic, Z., & Mikic, M. (2012). Correlation between explosive strength, aerobicpower and repeated sprint ability in elite basketball players. *Journal of sports medicine and physical fitness, 52*(4), 375-381.

Vogiatzis, I., Georgiadou, O., Giannopoulou, I., Koskolou, M., Zakynthinos, S., Kostikas, K., Koutsoukou, A. (2006). Effects of exercise‐induced arterial hypoxaemia and work rate on diaphragmatic fatigue in highly trained endurance athletes. *The Journal of physiology, 572*(2), 539-549.

Vogiatzis, I., Georgiadou, O., Koskolou, M., Athanasopoulos, D., Kostikas, K., Golemati, S., Zakynthinos, S. (2007). Effects of hypoxia on diaphragmatic fatigue in highly trained athletes. *The Journal of physiology, 581*(1), 299-308.

Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L. R., Backx, K., & Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance.

Wetter, T. J., Harms, C. A., Nelson, W. B., Pegelow, D. F., & Dempsey, J. A. (1999). Influence of respiratory muscle work on Vo 2 and leg blood flow during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology, 87*(2), 643-651.

Williams, J. S., Wongsathikun, J., Boon, S. M., & Acevedo, E. O. (2002). Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*(7), 1194-1198.

Zagatto, A. M., Beck, W. R., & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(6), 1820-1827.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์ที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (POWER Breathe)

งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (POWER Breathe) โดยสามารถกำหนดความหนักได้ 9 ระดับ ดังรูปที่ 13.

รูปที่ 13. อุปกรณ์ที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (POWER Breathe)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการฝึกหายใจด้วยอุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

1. ยืนตัวตรงและถืออุปกรณ์ฝึกหายใจด้วยมือข้างที่ถนัด และใช้ริมฝีปากอมส่วนที่ใช้ปากเป่า (Mouthpiece) โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างริมฝีปากกับที่เป่า

2. จากนั้นหายใจเข้าออก จำนวน 10 ครั้ง เพื่อเป็นการวอร์มอัพ (Warm up)

3. ปรับระดับความหนักตามระดับความหนักที่ใช้ฝึก

4. ใช้อุปกรณ์หนีบจมูก (Nose-clip) หนีบจมูกผู้ฝึกไว้

5. หายใจเข้า (Breath in) อย่างแรงทางปากให้สุด โดยหลังตรงและให้อกขยาย และหายใจออกอย่างช้าๆ และยาวจนอากาศออกจากปอดจนหมด

6. ทำการฝึกหายใจทั้งหมด 30 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูล

รหัส..... อายุ.....ปี

1. ข้อมูลตัวแปรด้านสรีวิทยา

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
Body weight (kg.)		
Height (cm.)		
BMI (kg./m.^{2})		
HR resting (bpm)		
SBP (mmHg)		
DBP (mmHg)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ข้อมูลตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
FVC (L)		
FEV_1 (L)		
FEV_1 / FVC (%)		
MVV (L/min)		

3. ข้อมูลตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
MIP (cmH_2O)		
MEP (cmH_2O)		

4. ข้อมูลตัวแปรด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกโดยการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6
ก่อนการทดลอง (วินาที)						
หลังการทดลอง (วินาที)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

การทดสอบโดยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO

2. กรวย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONG

3. นกหวีด

วิธีการทดสอบ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบทำการวิ่งเหยาะๆ เพื่อทำการการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 3 นาที

2. ผู้เข้าร่วมการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที

3. ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบวิ่งเหยาะๆ ประมาณ 5 นาทีเพื่อทำการคลายอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

วิธีการจับเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. เริ่มต้นการทดสอบ ผู้เข้าร่วมการทดสอบยืนตรงที่จุดเริ่มต้น จากนั้นผู้ช่วยคนที่ 1 จะเป็นผู้ให้สัญญาณนกหวีดเมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ผู้ช่วยคนที่ 2 จะเริ่มจับเวลาในการวิ่งเที่ยวที่ 1 และให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้เป็นระยะทาง 35 เมตร เมื่อครบระยะทาง 35 เมตร ผู้ช่วยคนที่ 3 จะทำการจับเวลาพัก โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักที่เส้น 35 เมตร (ไม่ต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น) ซึ่งใช้ระยะเวลาพักในแต่ละเที่ยว10 วินาที

2. เมื่อครบ 10 วินาที ผู้ช่วยคนที่ 3 จะเป็นคนให้สัญญาณนกหวีด เมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ผู้ช่วยคนที่1จะเริ่มจับ เวลาในการวิ่งเที่ยวที่ 2 และให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้มายังจุดเริ่มต้น เมื่อครบระยะทาง 35 เมตรผู้ช่วยคนที่ 4 จะทำการจับเวลาพัก จากนั้นให้ปฏิบัติโดยวิธีการเดิม จนครบจำนวน 6 เที่ยว

ภาคผนวก ง

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ

1. ท่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stetching)

ท่าที่ 1 การก้าวขาไปด้านหน้าและย่อตัวลง (Lung Stretch)

ท่าที่ 2 การวิ่งพร้อมเตะขาตรงไปด้านหน้า (Shuffle Step)

ท่าที่ 3 การวิ่งพร้อมกับยกเข่าสูง (High knees)

ท่าที่ 4 การวิ่งพร้อมกับเตะขาไปด้านหลัง (Butt kicks)

ท่าที่ 5 การวิ่งพร้อมกับเตะขาเฉียงไปด้านหน้าลำตัว (Side kicks) สลับซ้ายชวา

ท่าที่ 6 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าเข้าด้านในลำตัว (Closed knees)

ท่าที่ 7 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าออกด้านนอกลำตัว (Open knees)

2. ท่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบค้างนิ่ง (Static stretching)

ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder stretch)

ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps stretch)

ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (Side reach)

ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing quad stretch)

ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing calf stretch)

ท่าที่ 6 การยืดเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon - heel stretch)

ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back stretch)

ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Seated hamstring stretch

ท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา (Seated groin and inner thigh stretch)

ภาคผนวก จ

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสำหรับนักกีฬาฟุตซอล จากโครงการวิจัยเรื่องผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

โดยใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	เหมาะสม (1)	**ไม่แน่ใจ (0)**	**ไม่เหมาะสม (-1)**	**ข้อเสนอแนะ**
โปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ				
1. รูปแบบในการฝึกโดยรวม				
2. ความหนักในการฝึก 50% MIP				
3. จำนวนรอบในการฝึก (2 เซต)				
4. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (3 นาที)				
5. จำนวนครั้งในการหายใจ (30 ครั้ง)				
6. ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)				
7. ระยะเวลารวมของการฝึก (6 สัปดาห์)				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงชื่อผู้ประเมิน

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์

เนื้อหาโปรแกรม การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	ค่าเฉลี่ย
1. รูปแบบในการฝึกโดยรวม	1	1	1	1	0	0.8
2. ความหนักในการฝึก 50% MIP	1	1	1	1	0	0.8
3. จำนวนรอบในการฝึก (2 เซต)	1	1	1	1	1	1
4. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (3 นาที)	1	1	0	1	1	0.8
5. จำนวนครั้งในการหายใจ (30 ครั้ง)	1	1	0	1	0	0.6
6. ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1	1	1	1
7. ระยะเวลารวมของการฝึก (6 สัปดาห์)	1	1	1	1	1	1
รวม						**0.86**

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธา พงษ์พิบูลย์
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกุล
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายศราวุฒิ บุญปัญญา
   ผู้ฝึกสอนกีฬาฟุตซอล ชมรมฟุตซอลชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล
   สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

หนังสือรับรองจริยธรรม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 00180
วันที่ 26 ม.ค. 61 เวลา 16.54

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 087 /2561 **วันที่** 24 มกราคม 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 226.1/60 ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล (EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON LUNG FUNCTION AND REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS) **ของ นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

เรียน .....
เพื่อโปรด
- ☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
- ○ พิจารณา
- ○ ลงนาม
- ○ อนุมัติ

ลงชื่อ.....
26/ม.ค./2561

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. 014/2561

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 226.1/60 : ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว

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 : 23 มกราคม 2561 **วันหมดอายุ** : 22 มกราคม 2562

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 226.1/60
วันที่รับรอง 23 ม.ค. 2561
วันหมดอายุ 22 ม.ค. 2562

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม 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*

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับกลุ่มฝึกหายใจ)

ชื่อโครงการวิจัย "ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล"
ชื่อผู้วิจัย นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท
สถานที่ติดต่อ (ที่บ้าน) 53 หมู่ 3 ต.ปางกู่ อ.โนนสัง จ.หนองบัวลำภู โทรศัพท์มือถือ 093-840-6956
E-mail : Looknoo_K@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล โดยความรู้ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มสมรรถนะของนักกีฬาฟุตซอลในการแข่งขันได้

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 25 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่าง เป็น 2 กลุ่ม *ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนักและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ* กลุ่มละ 15 คน โดยผู้สมัครใจเข้าร่วมต้องมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18 – 25 ปี
2. ให้ความร่วมมือ และไม่มีปัญหาเรื่องการสื่อสาร สามารถปฏิบัติตามคำอธิบายจากผู้ฝึก
3. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ
3. เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% หรือเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 15 ครั้ง จาก 18 ครั้ง

หากท่านผ่านการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า ผู้วิจัยจะชี้แจงเกี่ยวกับโครงการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยให้ท่านลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมในงานวิจัย ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1. ขั้นการทดสอบก่อนการทดลอง โดยทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยท่านจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 30 นาที ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วย

1) ชั่งน้ำหนักตัวและวัดส่วนสูง โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

เอกสารรับรองโครงการวิจัย 296.1/60
วันที่รับรอง 23 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ 22 พ.ค. 2562

เข้าร่วมวิจัย *มีส่วนร่วมในการวิจัย*จะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำให้ท่านได้รับทราบข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก องค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำของท่าน ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลจากข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้คำแนะนำในการฝึกซ้อมและแข่งขันของนักกีฬาฟุตซอล

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสโดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกลบและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

12. การวิจัยครั้งนี้ไม่มีค่าตอบแทนให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย แต่จะมีของที่ระลึกเป็นเสื้อซ้อมกีฬาจำนวน 1 ตัว *สำหรับผู้ที่เข้าร่วมการฝึกเกิน 80% ของจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูล*

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

เลขที่โครงการวิจัย 226.1/60

วันที่รับรอง 23 พ.ค. 2561

วันหมดอายุ 22 พ.ค. 2562

2) อัตราการเต้นหัวใจในขณะพักและความดันโลหิต โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที *แล้ววัดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตด้วยเครื่องวัดความดันโลหิต* ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

1.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ใช้เวลาประมาณ 5 นาที ประกอบด้วย

1) ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ *โดยใช้เครื่องวัดความจุปอด* เริ่มจากการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอมที่เป่า จากนั้นหายใจเข้าออกปกติจำนวน 2 – 3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนสมออกจนหมด

2) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที *โดยใช้เครื่องวัดความจุปอด* โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจออกและเข้าอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15 – 20 วินาที

1.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด *โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ* โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

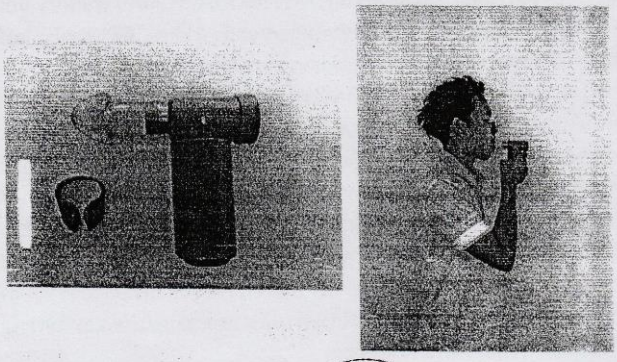
1.4 ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ประกอบด้วย

1) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ้นท์ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งเร็วระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 10 วินาที และจับเวลาในแต่ละเที่ยว ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

2) การวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด โดยทำการเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์กรดแลคติกก่อนและหลังการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ้นท์ การเจาะเลือดจะเจาะที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง และนำไปแตะบนแผ่นวิเคราะห์เพื่อนำเข้าเครื่องวิเคราะห์กรดแลคติก *โดยจะใช้เลือดในปริมาณ 1 หยด* ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

2. ขั้นการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและการฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ *โดยทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ รวม 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์* ทำการฝึก ณ อาคารจันทนยิ่งยง

2.1 การฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกหายใจ ใช้เวลาฝึกประมาณ 15 นาที โดยวิธีการฝึกหายใจมีดังนี้



รูปที่ 1. อุปกรณ์ที่ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (POWER Breathe)

รหัสโครงการวิจัย 226.1/60
วันที่รับรอง 23 ม.ค. 2561
วันหมดอายุ 22 ม.ค. 2562

1. ยืนตัวตรงและถืออุปกรณ์ฝึกหายใจด้วยมือข้างที่ถนัด และใช้ริมฝีปากอมส่วนที่ใช้ปากเป่า โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างริมฝีปากกับที่เป่า

2. ใช้อุปกรณ์หนีบจมูกหนีบจมูกผู้ฝึกไว้

3. หายใจเข้าอย่างแรงทางปากให้สุด โดยหลังตรงและให้อกขยาย และหายใจออกอย่างช้าๆ และยาวจนอากาศออกจากปอดจนหมด

4. ทำการฝึกหายใจทั้งหมด 30 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

2.2 การฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ โดยเริ่มจากการอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 10 นาที เริ่มด้วยการวิ่งเหยาะๆ และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ประกอบด้วยท่าต่างๆ ดังนี้ ท่าที่ 1 การก้าวขาไปด้านหน้าและย่อตัวลง ท่าที่ 2 การวิ่งพร้อมเตะขาตรงไปด้านหน้า ท่าที่ 3 การวิ่งพร้อมกับยกเข่าสูง ท่าที่ 4 การวิ่งพร้อมกับเตะขาไปด้านหลัง ท่าที่ 5 การวิ่งพร้อมกับเตะขาเฉียงไปด้านหน้าลำตัวสลับซ้ายขวา ท่าที่ 6 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าเข้าด้านในลำตัว และท่าที่ 7 การวิ่งพร้อมกับเปิดสะโพกยกเข่าออกด้านนอกลำตัว จากนั้นทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบค้างนิ่ง โดยยืดเหยียดค้างไว้ท่าละประมาณ 15 - 20 วินาที ประกอบด้วย ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ท่าที่ 6 การยืดเอ็นร้อยหวาย ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา

จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยใช้ระยะทาง 40 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที ใช้เวลาฝึกทั้งสิ้นประมาณ 20 นาที โดยไม่มีการผ่อนหยุดเนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกซ้อมฟุตซอลตามโปรแกรมปกติต่อไป

3. ขั้นการทดสอบหลังการทดลอง โดยทำการทดสอบเช่นเดียวกับขั้นการทดสอบก่อนการทดลอง ซึ่งทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยท่านจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 30 นาที

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย รวมทั้งเหตุผลที่ได้เชิญเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียด

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าและอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการฝึกเพิ่มเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและสมรรถภาพปอด

7. การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใดแต่อาจมีความเสี่ยงเล็กน้อย ในการปวดเมื่อยร่างกายในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจะให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายก่อนเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนั้น ในส่วนของการเจาะเลือดเพื่อวัดค่ากรดแลคติกในเลือด อาจทำให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสึกเจ็บเล็กน้อยขณะเจาะที่ปลายนิ้ว ทั้งนี้ หากมีการบาดเจ็บเกิดขึ้นทั้งในขณะทดสอบและขณะฝึก *ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และหาก*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย *มีส่วนร่วมในการวิจัย*จะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษาจนกว่าจะหาย โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำให้ท่านได้รับทราบข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก องค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความสามารถ

เลขที่โครงการวิจัย 22-1/60
วันที่รับรอง 23 มี.ค. 2561
วันหมดอายุ 22 มี.ค. 2562

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (สำหรับกลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจ)

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

ชื่อผู้วิจัยนางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว

(ที่บ้าน) 53 หมู่ 3 ต.ปางกู่ อ.โนนสัง จ.หนองบัวลำภู

โทรศัพท์มือถือ 093-8406956 E-mail : Looknoo_K@hotmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ *โดยทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ รวม 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์* อีกทั้งเข้าร่วมการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ *ก่อนและหลังการฝึก* ได้แก่ ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วยน้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ *และการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว โดยใช้เลือดประมาณ 1 หยด เพื่อวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด*

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษา หรือในทางใดๆ ของข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้วิจัยหลัก

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

ลงชื่อ.....
(.....)

เลขที่โครงการวิจัย 226-1/60

วันที่รับรอง 23 ม.ค. 2561

วันหมดอายุ 22 ม.ค. 2562

V.2.4/2558

ต้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำของท่าน ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลจากข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้คำแนะนำในการฝึกซ้อมและแข่งขันของนักกีฬาฟุตซอล *หากหลังจากวิจัยเสร็จสิ้นและพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีค่าตัวแปรต่างๆ ดีขึ้น ผู้วิจัยจะนำมาแนะนำให้กลุ่มควบคุมใช้ในการฝึกซ้อมและแข่งขันเพื่อประโยชน์ต่อไป*

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสโดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกลบและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

12. การวิจัยครั้งนี้ไม่มีค่าตอบแทนให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย แต่จะมีของที่ระลึกเป็นเสื้อซ้อมกีฬาจำนวน 1 ตัว *สำหรับผู้ที่เข้าร่วมการฝึกเกิน 80% ของจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูล*

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ 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

เลขที่โครงการวิจัย 226.1/60

วันที่รับรอง 23 พ.ค. 2561

วันหมดอายุ 22 พ.ค. 2562

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (กลุ่มควบคุม)

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

ชื่อผู้วิจัยนางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว

(ที่บ้าน) 53 หมู่ 3 ต.ปางกู่ อ.โนนสัง จ.หนองบัวลำภู

โทรศัพท์มือถือ 093-8406956 E-mail : Looknoo_K@hotmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้ารับ*การฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก*และฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ *โดยทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ รวม 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์* อีกทั้งเข้าร่วมการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ *ก่อนและหลังการฝึก* ได้แก่ ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วยน้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ *และการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว โดยใช้เลือดประมาณ 1 หยด เพื่อวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด*

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษา หรือในทางใดๆ ของข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้วิจัยหลัก

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

เลขที่โครงการวิจัย 886.1/60
วันที่รับรอง 23 ม.ค. 2561
วันหมดอายุ 22 ม.ค. 2562

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

V.2.4/2558

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ – สกุล : นางสาวปิยาภรณ์ สุนทองห้าว

วันเกิด : 25 มีนาคม 2536

สถานที่เกิด : จังหวัดหนองบัวลำภู

ที่อยู่ปัจจุบัน : 53 หมู่ 3 ต.ปางกู่ อ.โนนสัง จ.หนองบัวลำภู

ประวัติการศึกษา :

- สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558
- เข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559

ทุนการศึกษา/ทุนอุดหนุนการศึกษา :

- ทุนโครงการเรียนดีจากชนบท “โครงการจุฬาฯ-ชนบท” ปีการศึกษา 2555-2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY