ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

นายต้อง คงวิเศษ

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

ACUTE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE BETWEEN NORMOXIC AND HYPOXIC NORMOBARIC ON BIOMECHANICS OF CHEST EXPANSION DURING BREATHING

Mr. Thong Khongwisate

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	ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ
โดย	นายต้อง คงวิเศษ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้อง คงวิเศษ : ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ (ACUTE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE BETWEEN NORMOXIC AND HYPOXIC NORMOBARIC ON BIOMECHANICS OF CHEST EXPANSION DURING BREATHING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. นงนภัส เจริญพานิช, 76 หน้า.

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษารูปแบบการหายใจจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทรวงอกทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ทรวงอกส่วนบน (Superior thoracic: ST) ทรวงอกส่วนล่าง (Inferior thoracic: IT) ช่องท้องส่วนบน (Superior abdomen: SA) และ ช่องท้องส่วนล่าง (Inferior abdomen: IA) หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ (ปริมาณ O_2 15%)

วิธีดำเนินการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตนักศึกษา และนักกีฬาสมัครเล่นชมรมฟุตซอล จำนวน14 คน อายุ 18-25 ปี มีอายุเฉลี่ย 19.93 ± 1.14 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 173.71± 4.65 ซม น้ำหนัก 63.79 ± 7.28 kg เก็บข้อมูลโดยการวิเคราะห์จากภาพ 3 มิติ โดยทำการติดตั้ง Marker บริเวณช่วงลำตัวทั้งหมด 30 จุด บันทึกภาพรูปแบบการหายใจ ก่อน และหลังการออกกำลังกายทันทีโดยกล้องความเร็วสูง จำนวน 6 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว Qualisys Motion Capture System เพื่อนำมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ ในแต่ละส่วน เปรียบเทียบผลการวิจัยก่อน-หลังการฝึก และ ระหว่างสภาวะ โดยใช้ pair t- test กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} \leq 0.05$

ผลการวิจัย: หลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ พบว่าความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) ของ IT, SA และ IA มีปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาตรความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) พบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของส่วน IA ในขณะที่กลุ่มที่ออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะค่า IC ของส่วน ST

สรุปผลวิจัย: เมื่อออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ ส่งผลให้รูปแบบการหายใจเปลี่ยนแปลงไปโดยจะหายใจลึกขึ้นโดยมีการเพิ่มปริมาตรของ VC ในส่วน IT, SA และ IA มากขึ้นหลังการออกกำลังกายทันที และแสดงการเพิ่มขึ้นของ IC ในส่วน IA อย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5778308339 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: AEROBIC EXERCISE / LOW OXYGEN CONDITIONS / BIOMECHANICS OF BREAST ENLARGEMENT

THONG KHONGWISATE: ACUTE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE BETWEEN NORMOXIC AND HYPOXIC NORMOBARIC ON BIOMECHANICS OF CHEST EXPANSION DURING BREATHING. ADVISOR: NONGNAPAS CHAROENPANICH, Ph.D., 76 pp.

Purpose: To study the chest expansion pattern from four parts of chest volume, Superior thoracic (ST), Inferior thoracic (IT), Superior abdomen (SA) and Inferior abdomen (IA), after aerobic exercise in normoxic and hypoxic norbomaric conditions (15% of O_2).

Method: Fourteen male undergraduate students and Futsal players of Chulalongkorn University ages between 18-25 years were included. The average age was 19.93 ± 1.14 year, height was 173.71 ± 4.65 cm and weight was 63.79 ± 7.28 kg. The data were analyzed by 3D analysis of 30 markers before and immediately after aerobic exercise by using six high speed cameras. The data was analyzed by Qualisys Motion Capture System for using to calculate volumetric changes after aerobic exercise in both normoxic and hypoxic norbomaric conditions. The pair t-test was used to compare pre-post exercise and between 2 conditions by determining the level of significance at *p-value ≤ 0.05*.

Results: After aerobic exercise in hypoxic norbomaric condition, the mean Vital Capacity (VC) of IT, SA and IA parts showed significantly increased. Moreover, the mean Inspiratory Capacity (IC) showed significantly increase in IA part. On the other hand, aerobic exercise in normoxic condition showed significantly increase only IC of ST part.

Conclusion: Aerobic exercise in hypoxic norbomaric condition can induce the respiratory pattern to be deeper of breathing, that can be confirmed by the results of significantly increase of IT, SA and IA part of VC. Moreover, the significantly increase of IA part of IC.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ติดตาม ให้ความดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา จนแก้ไขข้อบกพร่องจากการทำงานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ ดร. คนางค์ ศรีหิรัญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุอุปกรณ์ทางกีฬา (TRECS) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้คำแนะนำ รวมทั้งความรู้ และช่วยเหลือเรื่องเครื่องมืออุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูป 1
สารบัญตาราง 2
บทที่ 1 บทนำ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 24
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 37
บทที่ 5 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 53
เอกสารอ้างอิง 59
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 62
ภาคผนวก ค 63
ภาคผนวก ง 64
ภาคผนวก จ 65
ภาคผนวก ฉ 66
ภาคผนวก ช 67
รายการอ้างอิง 74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แสดงตัวควบคุมการทำงานของระบบหายใจ (West 1990).....14

รูปที่ 2 กลามเนื้อกะบังลมหดตัวขณะหายใจเข้า(West 1990).....16

รูปที่ 3 กลามเนื้อหายใจออก กลามเนื้อหนาทองและ กลามเนื้ออินเตอรคอสตัล (West 1990) 17

รูปที่ 4 ปริมาตรและความจุปอด(Fox 1996).....18

รูปที่ 5 การแสดงภาพบริเวณลำตัวโดยใช้การกำหนดจุดตำแหน่งเพื่อคำนวณปริมาตรต่างๆ ของลำตัว หน้าอกส่วนบน (ST) หน้าอกส่วนล่าง (IT) ช่องทองส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) (Silvatti, Sarro et al. 2012).....22

รูปที่ 6 แสดง กรอบแนวคิดงานวิจัย.....23

รูปที่ 7 กล้องความเร็วสูง รุ่น Qualisys oqus 7+ series.....27

รูปที่ 8 Retroreflective marker ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม.....27

รูปที่ 9 Polar Heart rate sensor H7.....28

รูปที่ 10 หน้าจอแสดงค่าการทำงานของห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 28

รูปที่ 11 Tread mill.....29

รูปที่ 12 แสดงบริเวณจุดติดmaker ทางด้านหน้า (Anterior view).....31

รูปที่ 13 แสดงบริเวณจุดติด maker ทางด้านหลัง (Posterior view) 32

รูปที่ 14 แสดง แผนผังการดำเนินงานวิจัย.....35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ 37

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณ (Liter) ของกลุ่ม Control (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนปกติ) และกลุ่ม Hypoxic (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ).....38

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนต่างๆ ก่อนและหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก ระหว่างกลุ่ม Control (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนปกติ) และกลุ่ม Hypoxic (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ) 40

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter) 41

ตารางที่ 5 แสดงค่าความต่างของความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายของส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter).....43

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter).....45

ตารางที่ 7 แสดงค่าความต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายของส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter) 47

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter) 49

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความต่างของความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter).....51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา:

การเล่นกีฬาในแต่ละประเภท การทำงานของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญ ในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขณะเล่นกีฬา และการแข่งขัน กระนั้นก็ตาม การที่กล้ามเนื้อจะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ร่างกายจะต้องส่งพลังงานไปให้กล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอ และนอกจากพลังงานที่ส่งไปให้กล้ามเนื้อนั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดอีกอย่างหนึ่งคือ การส่งออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อใช้ในกระบวนการสันดาปเพื่อให้ได้พลังงาน ดังนั้น ความสามารถในการกักเก็บอากาศในปอดได้มากและผ่อนออกมาได้นานที่สุด จึงเป็นปัจจัยส่งเสริมให้นักกีฬาสามารถเล่นกีฬาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดการเล่น หรือการแข่งขันกีฬา ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าวิธีการเพิ่มศักยภาพของระบบหายใจให้กับนักกีฬา ด้วยวิธีการต่างๆ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายแบบหนึ่งที่เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการพัฒนาประสิทธิภาพของการทำงานของระบบทางเดินหายใจได้ โดยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนี้เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่กระตุ้นการทำงานของหัวใจในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ของร่างกายที่กำลังทำงานเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตพลังงานของกล้ามเนื้อให้ดีขึ้น มีลักษณะเป็นการออกกำลังที่มีการเคลื่อนไหวของกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ มีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะหรือเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างท่าทางการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการออกกำลังแบบแอโรบิก ได้แก่ การเดิน การวิ่ง การว่ายน้ำ การปั่นจักรยาน ฯลฯ ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวที่เป็นจังหวะ และมีการเคลื่อนไหวที่มีระดับความหนัก และในช่วงเวลาที่นานพอที่จะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจได้ โดยระดับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ ACSM แนะนำ จะอยู่ที่ระดับ 64%/70% ถึง 94% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) หรือ 40%/50% ถึง 85% ของออกซิเจนย้อนกลับ (VO_2R) หรือ 40-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจย้อนกลับ (HRR) แต่นอกเหนือจากผลโดยตรงต่อระบบไหลเวียนโลหิตแล้ว การออกกำลังกายแบบแอโรบิกยังกระตุ้นการทำงานของระบบหายใจอีกด้วย เนื่องจากระบบหายใจ และระบบไหลเวียนโลหิตจำเป็นต้องมีการทำงานร่วมกันโดยระบบหายใจจะส่งออกซิเจนไปยังเลือด และระบบไหลเวียนโลหิตจึงจะส่งเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ดังนั้นถ้าระบบหายใจทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จะส่งผลให้ระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้เต็มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Hall & Brody, 2005; McArdle et al., 2010; Medicine, 2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิก การออกกำลังกายหรืออยู่ในที่สูงที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมในการพัฒนาระบบหายใจและหลอดเลือด เนื่องจากระดับความสูงของพื้นที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานของร่างกายมนุษย์ บนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลขึ้นไปบรรยากาศจะเบาบางลง เมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูงจะมีสภาวะเหมือนขาดออกซิเจน ร่างกายจะมีการปรับตัวโดยมีทั้งการตอบสนองที่เกิดขึ้นทันทีและการปรับตัวระยะยาว นักกีฬาประเภทความทนทานหลายชนิดมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถภาพ โดยการพักอาศัยหรือการฝึกอยู่ที่ระดับความสูงเป็นระยะเวลาหลายสัปดาห์ (Bailey & Davies, 1997) โดยรูปแบบการฝึกที่ระดับความสูงที่นิยมใช้มีสองแบบคือ อยู่ที่สูงฝึกที่ต่ำ (live high train low) และ อยู่ที่ต่ำฝึกสูง (live low train high) รูปแบบอยู่ที่สูงฝึกที่ต่ำ (live high train low) นั้น เป็นการอาศัยอยู่บนพื้นที่สูงหรือสภาวะจำลองที่สูง แต่ในการฝึกจะใช้การฝึกที่ระดับน้ำทะเลที่มีระดับออกซิเจนปกติ โดยสมมติฐานที่ว่าการสร้างเม็ดเลือดแดงในช่วงของการขาดออกซิเจนจะช่วยให้มีการกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงมากขึ้น(Laitinen et al., 1995) รูปแบบการฝึกนี้เหมาะแก่การฝึกที่มีสภาพภูมิประเทศที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลมาก ไม่เหมาะกับประเทศที่ไม่มีภูมิประเทศที่มีระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้นจึงเกิดเป็นแนวคิดสร้างสภาวะจำลองการลดระดับออกซิเจนให้เสมือนว่าอยู่บนพื้นที่สูง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Normobaric Hypoxic Training) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าการฝึกในสภาวะจำลองออกซิเจนต่ำ (Simulated Hypoxic Training) เนื่องจากเป็นการเพิ่มระดับความเครียดทางสรีรวิทยาของภาวะขาดออกซิเจนในนักกีฬาระหว่างฝึกซ้อม ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในอากาศลดลงจากปกติซึ่งจะมีอัตราส่วนอยู่ที่ 20.93% ของอากาศทั้งหมดซึ่งจากการลดลงของปริมาณของออกซิเจนในอากาศจะส่งผลอย่างฉับพลันให้การหายใจขณะออกกำลังกายทำได้ลำบากขึ้น ทำให้ความหนักของการออกกำลังกายมากขึ้นเมื่อเทียบกับการฝึกที่มีออกซิเจนปกติ การตอบสนองต่อความเครียดจากภาวะออกซิเจนต่ำเกิดขึ้นในหลายวิธี โดยการตอบสนองอย่างฉับพลันจะรวมไปถึงการปรับตัวในระยะยาว

ในการศึกษาเพื่อหาระดับปริมาณของออกซิเจนในอากาศที่เหมาะสมกับการฝึกนั้นเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ โดยจากบทความที่เป็นการทบทวนงานวิจัยของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ผ่านมาอย่างเป็นระบบ (Systematic Review) พบว่า ปริมาณของออกซิเจนในอากาศที่ใช้ในการฝึกมีตั้งแต่ประมาณ 16% ไปจนถึงประมาณ 12% (McLean et al., 2014; Wortman, 2012) โดยข้อมูลการสังเคราะห์งานวิจัยด้วยการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) ของวอร์ทแมน (Wortman, 2012) ซึ่งได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับความดันบรรยากาศปกติ (Normobaric Hypoxic Training) เพื่อหารูปแบบของการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่เหมาะสม จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อ

การฝึกมากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนประมาณ 15-14.5% หรือเทียบเท่ากับระดับของความสูงที่ 2,500-3,000 เมตร ดังนั้นจากข้อดีของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ร่วมกับข้อเด่นของการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ ผู้วิจัยจึงสนใจว่าการรวมทั้ง 2 สภาวะนี้เข้าด้วยกัน จะยิ่งส่งเสริมการกระตุ้นระบบการทำงานของระบบหายใจของผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้อย่างไร

ยิ่งไปกว่านั้น การทดสอบผลของการออกกำลังแบบแอโรบิกมักจะทำได้โดยการวัดการขนส่งออกซิเจน (VO_2) เพื่อหาระดับการขนส่งออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถทำได้ (VO_{2max}) การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ HR หรืออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respiratory exchange ratio) โดยปกติวิธีมาตรฐานจะใช้เครื่องมือ Spirometry ในการทดสอบ วิธีนี้จะไม่สามารถที่จะระบุรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงทางปริมาตรที่เกิดโดยบริเวณช่องอกและช่องท้องได้ ดังนั้นจึงทำให้ขัดขวางไม่ให้เกิดความเข้าใจในบางแง่มุมของชีวะกลศาสตร์ที่เกี่ยวกับเรื่องข้องกับการหายใจ ซึ่งสามารถที่จะทำความเข้าใจให้มากขึ้นได้โดยใช้เครื่องมือเข้ามาช่วย จากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและเครื่องมือในการทำวิจัย ได้มีผู้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสามมิติ ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบหายใจ (Edvinsson et al., 1992; Sarro et al., 2008; A. P. Silvatti et al., 2012) นอกจากจะสามารถบอกถึงปริมาตรของอากาศที่เข้าสู่ปอดขณะหายใจแล้ว ยังสามารถบอกได้ถึงปริมาตรอากาศที่เข้าสู่ปอดที่ระดับต่างๆ จากการแบ่งส่วนของทรวงอกออกเป็น 4 ส่วนและคำนวณปริมาตรของการขยายทรวงอกบนพื้นฐานเรขาคณิต (Ferrigno et al., 1994) ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของทรวงอกขณะหายใจจึงเป็นวิธีการหนึ่ง ที่เป็นที่ยอมรับ และสามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการทำงานของระบบหายใจได้วิธีการทางชีวกลศาสตร์นี้จะได้ผลลัพธ์คล้ายกับวิธีการเดิม แต่จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลที่น้อยกว่า จึงเหมาะที่จะใช้ในการศึกษาผลฉับพลัน เพื่อให้สามารถวัดผลได้ทันทีหลังจากออกกำลังกาย

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับ 40-60%ของ HRR ในสภาวะที่แตกต่างกัน คือในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำที่ปริมาณ O_2 15% บรรยากาศปกติ ต่อการทำงานของระบบหายใจ โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของทรวงอกแบบ 3 มิติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย:

1. เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ
2. เพื่อศึกษาผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามในการวิจัย:

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ มีผลฉับพลันต่อชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวทรวงอกขณะหายใจอย่างไร และการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำบรรยากาศปกติ มีผลต่อระบบหายใจแตกต่างกันอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมมุติฐานของการวิจัย:

ผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ น่าจะมีผลต่อชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวทรวงอกขณะหายใจมากกว่า การออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ

ขอบเขตของการวิจัย:

1. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยนี้

1.1 ตัวแปรต้น: ปัจจัยของสิ่งแวดล้อม

- การออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ
- การออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ (ปริมาณออกซิเจน 15%)

1.2 ตัวแปรตาม: ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ (Kinematic data) ของ ทรวงอกส่วนบน (Superior thorax: ST), ทรวงอกส่วนล่าง (Inferior Thorax: IT), ช่องท้องส่วนบน (Superior Abdomen: SA) และช่องท้องส่วนล่าง (Inferior Abdomen: IA) ได้แก่

- การขยายทรวงอก Chest expansion diameter
- ปริมาตรทรวงอก Chest volume
- ความจุปอดแท้รวม (Total lung capacity=TLC)
- ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าเต็มที่ (Inspiratory capacity =IC)
- ปริมาตรหายใจปกติ (Tidal volume=TV)
- ความจุปอดปกติ (Vital capacity=VC)

1.3 ตัวแปรควบคุม

- นิสิตชาย อายุ 18-21 ปี สุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรง เช่นเบาหวาน โรคปอด หรือโรคประจำตัวอื่นๆ ที่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และไม่อยู่ในภาวะเจ็บป่วยจนไม่สามารถออกกำลังกายได้ในช่วงเก็บข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำจำกัดความของการวิจัย:

1. aerobic exercise (การออกกำลังกายแบบแอโรบิก)
   เป็นการออกกำลังกายจนถึงระดับที่ร่างกายใช้พลังงานโดยการเผาผลาญพลังงานด้วยการใช้ออกซิเจน
2. hypoxic training (การออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ)
   การฝึกในสภาวะที่ปริมาณของออกซิเจนในอากาศ มีอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 20.9 % ความดันบรรยากาศปกติ
3. ข้อมูลชีวกลศาสตร์
   ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึงข้อมูลการเคลื่อนไหวแบบ kinematics หมายถึงการแสดงการเคลื่อนไหวในด้านทิศทาง ขนาด ความเร็ว และความเร่ง โดยไม่แสดงถึง แรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว
4. การขยายทรวงอกขณะหายใจ
   การขยายทรวงอกโดยการเคลื่อนไหวของซี่โครงระดับต่างๆ ขณะทำการหายใจ ส่งผลให้พื้นที่ความจุปอดเพิ่มขึ้นขณะหายใจเข้า และพื้นที่ลดลงขณะหายใจออก
5. ความจุปอดแท้รวม (Total Lung Capacity : TLC) คือปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ปอดจุได้
6. ความจุปอดปกติ (Vital Capacity : VC) คือจำนวนอากาศมากที่สุดที่คนหายใจออกได้หลังจากหายใจเข้าเต็มที่แล้ว Vital Capacity เป็นตัวที่บอกถึงประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อและปอดได้ดี
7. ปริมาตรหายใจปกติ (Tidal Volume : TV) คือปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้า-ออกในแต่ละครั้งของการหายใจปกติ
8. ความจุหายใจเข้า (Inspiratory capacity; IC) หมายถึงปริมาตรอากาศที่เข้าสู่ปอด ในช่วงหายใจเข้าสูงสุดซึ่งเริ่มวัดที่ปลายสุดของการหายใจออกปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ:

งานวิจัยนี้จะทำให้ทราบถึงรูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจหลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำบรรยากาศปกติ โดยวิธีการวิเคราะห์การขยายทรวงอกโดยวิธีการทางชีวกลศาสตร์นี้สามารถแสดงรูปแบบการขยายทรวงอกได้ 4 ส่วนจึงสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางโปรแกรมการฝึกเพื่อต้องการเน้นการพัฒนาประสิทธิภาพของการหายใจใน

นักกีฬาโดยเฉพาะกีฬาประเภทที่ต้องการประสิทธิภาพของการหายใจในระดับสูงได้ เช่น กีฬาว่ายน้ำ ไตรกีฬา เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง:

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ บรรยากาศปกติ ที่มีผลต่อการขยายทรวงอก โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร รายงานการวิจัยที่เกี่ยวของดังต่อไปนี้

- การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise)
- การออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติ(Normobaric hypoxic environment)
- สรีรวิทยาของระบบหายใจ Respiratory system
- การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของการขยายทรวงอกขณะหายใจทางชีวกลศาสตร์

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก หรือการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน ศาสตราจารย์นายแพทย์อวย เกตุสิงห์ นักวิทยาศาสตร์การกีฬาของไทยได้ใช้คำว่า “อากาศนิยม” เป็นการออกกำลังกายที่ทำให้ร่างกายเพิ่มพูนความสามารถสูงสุดในการรับออกซิเจน ทำให้ได้การทำงานของหัวใจและปอดเป็นเวลานานพอที่จะก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ขึ้นภายในร่างกาย เป็นการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่ายกายด้วยความเร็วระดับปานกลาง ในระยะเวลาอย่างน้อย 10 นาทีขึ้นไป ร่างกายจะหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปใช้ในการสร้างพลังงานเพิ่มขึ้นกว่าระดับปกติมาก ทำให้ระบบหายใจ และระบบไหลเวียนของเลือดทำงานมากชั่วระยะหนึ่ง ก่อให้เกิดความทนทานของระบบดังกล่าว การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ได้แก่ ว่ายน้ำ วิ่ง ถีบจักรยาน เดินเร็วๆ เต้นรำแอโรบิก กรรเชียงเรือ ยกน้ำหนักแบบแอโรบิก กระโดดเชือก วิ่งอยู่กับที่ เป็นต้น ในปัจจุบันถือว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมากที่สุด การออกกำลังกายแบบนี้ แบ่งระดับการออกกำลังกายออกเป็นหลายระดับตามความหนักเบา โดยระดับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ ACSM แนะนำ จะอยู่ที่ระดับ 64%/70% ถึง 94% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) หรือ 40%/50% ถึง 85% ของออกซิเจนย้อนกลับ (VO_2R) หรือ 40-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจย้อนกลับ (HRR) (Hall & Brody, 2005; McArdle et al., 2010; Medicine, 2013)

Normobaric hypoxic environment คือ สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติ (Normobaric Hypoxic Training) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าการฝึกในสภาวะจำลองออกซิเจนต่ำ (Simulated Hypoxic Training) เป็นวิธีการฝึกที่ทีมกีฬานิยมนำมาใช้กันมากขึ้นอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นการเพิ่มระดับความเครียดทางสรีรวิทยาของภาวะขาดออกซิเจนในนักกีฬาระหว่างฝึกซ้อม ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในอากาศลดลงจากปกติซึ่งจะมีอัตราส่วนอยู่ที่ 20.93% ของอากาศทั้งหมด โดยให้ความดันบรรยากาศยังคงอยู่ในระดับปกติคือ 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งจากการลดลงของปริมาณของออกซิเจนในอากาศจะส่งผลอย่างฉับพลันให้การหายใจขณะออกกำลังกายทำได้ลำบากขึ้น ทำให้ความหนักของการออกกำลังกายมากขึ้นเมื่อเทียบกับการฝึกที่มีออกซิเจนปกติ การตอบสนองต่อความเครียดจากการภาวะออกซิเจนต่ำเกิดขึ้นในหลายวิธี โดยการตอบสนองอย่างฉับพลันจะรวมไปถึงการปรับตัวของปริมาณการระบายอากาศหายใจต่อนาที (Minute Ventilation: VE) ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ปริมาณแลคเตทในเลือด (Blood Lactate Concentration) ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (VO2) และอาจส่งผลไปถึงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) (Parker, 2004)

การตอบสนองที่เกิดขึ้นทันที (Immediate Response to Altitude) คือ

1.หายใจเร็วขึ้น

2.การไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นทั้งขณะพักและออกกำลังกายต่ำกว่าระดับสูงสุด

การระบายอากาศเพิ่มขึ้น (Hyperventilation) การระบายอากาศเพิ่มขึ้นทันที และเพิ่มใน 2-3 สัปดาห์แรก และยังอาจเพิ่มอยู่นาน เป็นปีเมื่อยังอยู่บนที่สูง

การไหลเวียนเลือดตอบสนองเพิ่มขึ้น การปรับตัวในระยะแรกอาจพบว่า Heart rate และ Cardiac Output เพิ่มขึ้น ส่วน Stroke Volume ยังไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการไหลเลือดจะเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยภาวะที่เลือดมี ออกซิเจนลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การปรับตัวระยะยาวต่อการอยู่ที่สูง (Long-term Adjustments to Altitude) เมื่อขึ้นไปอยู่ที่สูงเป็นระยะเวลานานจะมีการปรับตัวระยะยาวดังนี้

1.การปรับสมดุลกรด-ด่าง เมื่ออยู่ในที่สูงร่างกายจะมีการขับ CO_2 ออกมามากทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะเป็นด่าง ร่างกายจะมีการปรับตัวโดยการปรับ HCO_3 โดยทางไต

2.ลดความสามารถการเป็นบัฟเฟอร์ เมื่อร่างกายต้องมีการปรับตัวทำให้ร่างกายต้องเสียด่างสำรองไป ดังนั้นเมื่อออกกำลังกายแล้วมีการหลั่งกรดแลคติคออกมา ร่างกายจึงไม่สามารถขจัดกรดแลคติคออกไปได้อย่างดี ทำให้มีการจำกัดการออกกำลังกาย

3.การเปลี่ยนแปลงทางเลือด มีการเพิ่มความสามารถในการนำออกซิเจน โดยการสร้างเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกบิน

3.1พลาสมาสลดลงทำให้มีความเข้มข้นของเซลล์เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น

3.2เพิ่มปริมาตรของเซลล์เม็ดเลือดแดง มีการกระตุ้นให้เพิ่มจำนวนของเซลล์เม็ดเลือดแดง จากกระบวนการที่ทำให้มีภาวะเม็ดเลือดแดงมาก ซึ่งเป็นการตอบสนองโดยหลั่งมาจาดไตและ เนื้อเยื่ออื่นๆ 15 ชั่วโมง หลังจากที่ขึ้นอยู่บนที่สูง

4.การปรับตัวของเซลล์ พบว่าในคนที่อาศัยอยู่ในที่สูงมีมัยโอโกบินสูง ร่วมกับมีการ เพิ่มขึ้นของจำนวนไมโตรครอนเดรียและความเข้มข้นของเอ็นไซม์ที่ต้องการใช้พลังงานแอโรบิก

สรีรวิทยาของระบบหายใจ (Respiratory System)

ระบบหายใจเป็นระบบที่เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นของเสียจากการเมตาบอลิซึมของเซลล์ซึ่ง ละลายอยู่ในเลือดที่ถุงลมของปอด สาเหตุที่ต้องมีการแลกเปลี่ยนก๊าซในร่างกายเนื่องจาก ก๊าซออกซิเจนมีความสำคัญในขบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ในเซลล์ หากมีการสะสมมากๆจะทำให้เซลล์ตาย ร่างกายจึงจำเป็นต้องกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ ออกโดยการหายใจออกหรือบางส่วนถูกกำจัดออกทางไต มีส่วนน้อยที่อาจถูกเซลล์นำไป สังเคราะห์เป็นสารอินทรีย์อื่นๆ ต่อไปได้ การหายใจ (Respiration) จึงเป็นกิจกรรมของเซลล์ใน สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ในสภาวะปกติไม่ว่าจะเป็นการหายใจเข้าหรือการหายใจออกจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ หน้าที่สำคัญของระบบหายใจประกอบด้วย

1. รับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายและขับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมออกนอกร่างกาย

2. ควบคุมปริมารออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

3. ช่วยในการทำงานของหัวใจและทำให้เลือดกลับเข้าสู่หัวใจมากขึ้น

4. กำจัดและป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับอากาศที่หายใจ

5. ช่วยควบคุมสมดุลกรดของร่างกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ระบบการหายใจประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่ทำหน้าที่นำอากาศเข้าสู่ปอด ได่แก ชองจมูก หลอดคอ กลองเสียง หลอดลม กิ่งหลอดลม และหลอดลมฝอย และส่วน ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซที่เกิดขึ้นที่ถุงลมในปอด โดยอาศัยกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ และกลไกการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นปอดและเนื้อเยื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการหายใจ หมายถึง การทำงานของปอดตั้งแต่การหายใจเข้าเอาอากาศเข้าปอด แล้วมีการแลกเปลยี่นออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ การขนส่งก๊าซจากปอดไปยังเซลล์ และมี การแลกเปลี่ยนก๊าซที่เซลล์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1. การหายใจภายนอก (External respiration) หรือการหายใจระดับปอด (Pulmonary respiration) เป็นการนำอากาศเข้าสู่ปอดเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างปอดกับเลือดการขนส่งก๊าซจากเลือดไปยังเซลล์และเนื้อเยื่อ การขนส่งก๊าซจากเซลล์ และเนื้อเยื่อกลับไปยังปอด ตลอดจนการระบายอากาศออกจากร่างกาย

2. การหายใจภายใน (Internal respiration) หรือการหายใจระดับเซลล์ (Cellular respiration) เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารอาหารและก๊าซออกซิเจนทำให้ได้พลังงาน ในรูปของความร้อนซึ่งทำให้ร่างกายอบอุ่นและได้เอทีพี (ATP) ที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการหายใจ

การหายใจภายนอก คือ การทำงานของปอดที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างเลือดที่ไหวเวียนในปอดกับอากาศที่หายใจเข้าไป ประกอบด้วย ขบวนการสำคัญ 3 ประการ

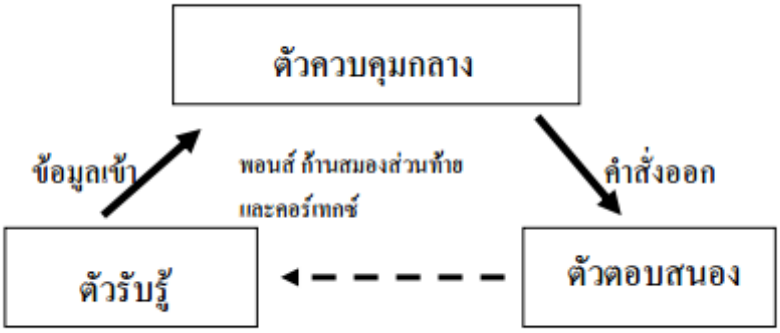
1.) การระบายอากาศ (Ventilation) หมายถึง กระบวนการที่มีอากาศเคลื่อนเข้าสู่ ปอด ในขณะหายใจเข้าสลับกับการเคลื่อนที่ของอากาศออกจากปอดในขณะหายใจออก การแลกเปลยี่นของอากาศจะสมบูรณ์ได้ เมื่อมีอากาศไหลเวียนเข้าสู่ปอดมีปริมาตรเพียงพอ

2.) การแพร่ผ่านของก๊าซ (Diffusion) หมายถึง กระบวนการที่ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่ผ่านเยื่อบางระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอยในปอด (Alveolar capillary membrane) โดยอาศัยความดันที่ต่างกันของก๊าซระหว่างเนื้อเยื่อทั้งสองด้าน โดยแพร่ผ่านจากด้านที่มีความดันสูงไปด้านที่มีความดันต่ำ

3.) การกำซาบ (Perfusion) หมายถึง กระบวนการไหลเวียนของเลือดผ่านมายังหลอด เลือดฝอยของถุงลมปอด โดยการแลกเปลี่ยนของอากาศจะสมบูรณ์ได้เมื่อมีเลือดไหลเวียนผ่าน ปอดและมีปริมาตรเพียงพอที่จะกระจายไปยังถุงลมแต่ละถุงอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอาศัยองค์ประกอบระบบควบคุมการหายใจ (รูปที่ 1)

1. ตัวรับรู (Sensor)
2. ตัวควบคุมกลาง (Central controller)
3. ตัวตอบสนอง (Effector)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1 แสดงตัวควบคุมการทำงานของระบบหายใจ (West, 1990)

1. ตัวรับรู ไดแก

1.1 ตัวรับรูทางเคมีส่วนกลาง (Central chemoreceptor) ตัวรับชนิดนี้อยู่ที่สมองส่วนก้านสมอง ส่วนท้าย (Medulla oblongata) ซึ่งอยู่ใกล้ขาออกเส้นประสาทสมองคูที่ 9 และ 10 เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในหลอดเลือดบริเวณสมองใหญ่ (Cerebrum) สูงขึ้น แก๊สนี้ก็จะแพรเข้าไปในน้ำสมองและไขสันหลัง (Cerebral spinal fluid; CSF) แล้วแตกตัวให้ไอออนไฮโดรเจน (H^+) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของตัวรับรูชนิดนี้ ดังนั้นระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดจึงเป็น ตัวควบคุมการหายใจเป็นหลักโดยแก๊สนี้มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสมอง และ ไขสันหลัง เมื่อแก๊สนี้สูงขึ้น ตัวรับรูเคมีชนิดนี้ส่งสัญญาณเข้าสู่ศูนย์ก้านสมองส่วนท้าย เกิดการหายใจมากเกิน (Hyperventilation) ส่งผลให้แก๊สนี้ลดลงในหลอดเลือดสมองและในน้ำสมองและไขสันหลัง

1.2 ตัวรับรูทางเคมีรอบนอก (Peripheral chemoreceptor) ตัวรับรูชนิดนี้อยู่ที่คาโรติดบอดี (Carotid body) และเอออรติคบอดี (Aortic body) โดยคาโรติดบอดีมีบทบาทเดนกว่า ตัวรับรูชนิดนี้ ตอบสนองต่อความดันย่อยออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงและความดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สูงขึ้น ตัวรับรูชนิดนี้ช่วยเร่งการหายใจเป็นหลักเมื่อความดันย่อยออกซิเจนในหลอดเลือดแดงต่ำ (Arterial hypoxemia) แต่ตัวรับรูชนิดนี้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ได้น้อยกว่าการตอบสนองจากตัวรับรูทางเคมีส่วนกลาง นอกจากนั้น คาโรติดบอดีตอบสนองต่อการลด ความเป็นกรด-ด่างในหลอดเลือด แต่ในมนุษยเอออรติคบอดี้กลับไม่ตอบสนองต่อความเป็นกรด-ด่าง

การรับรู้ของ Peripheral chemoreceptor

- การลดลงของ PO2
- การเพิ่มขึ้นของ PCO2
- การเพิ่มขึ้นของ H^+

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ตัวรับรูที่ปอดไดแก

1.3.1 ตัวรับรูการยืดของปอด (Pulmonary stretch receptor) ซึ่งอยู่ภายในกลามเนื้อเรียบใน ทางเดินหายใจ (Airway smooth muscle) การขยายตัวของปอดกระตุ้นเสนประสาทเวกัสชนิดมี มัยอีลินทำให้ความถี่การหายใจช้าลง เรียกรีเฟล็กซนี้ว่ารีเฟล็กซเฮอริงบรอยเออร (Hering-Breuer reflex)

1.3.2 ตัวรับรูการระคายเคือง (Irritant receptor) อยู่ระหว่างเซลล์เอพิธีเลียมในทางเดินหายใจ (Airway epithelial cells) แก๊สพิษ (Noxious gas) ควันบุหรี่ (Cigarette smoke) ฝุน (Inhaled dusts) และอากาศเย็น (Cold air) กระตุ้นเสนประสาทเวกัสชนิดมีมัยอีลิน ทำให้หลอดลมตีบ (Bronchoconstriction) และหายใจลึกและเร็ว (Hyperpnea) นักสรีรวิทยาเรียกตัวรับรูชนิดนี้ว่าตัวรับรู ปรับตัวรวดเร็ว (Rapidly adapting receptor)

1.3.3 ตัวรับรูเจ (J receptor) ตัวรับรูนี้เชื่อกันว่าอยู่ในผนังถุงลมปอด (Alveolar wall) ใกลหลอด เลือดฝอย (Capillary) การคั่งของเลือดในหลอดเลือดฝอยที่ถุงลมปอดและการเพิ่มปริมาตรของเหลว ระหว่างเซลล์ผนังถุงลมปอดเป็นตัวกระตุ้นเสนประสาทเวกัสชนิดไมมีมัยอีลิน ทำให้หายใจตื้นและเร็วและการหายใจลำบาก (Dyspnea) พบมากในภาวะหัวใจห้องซ้ายล้มเหลว (Left heart failure) หรือโรคน้ำท่วมปอด (Interstitial lung disease)

1.4 ตัวรับรูอื่น

1.4.1 ตัวรับรูที่จมูกและที่อยู่เหนือทางเดินอากาศ (Nose and upper airway receptors) บริเวณจมูก จมูกคอหอย (Nasopharynx) กลองเสียง (Larynx) และหลอดลม (Trachea) เป็นตัวรับรูที่ ตอบสนองต่อการกระตุ้นทางกลและเคมีผลที่เกิดขึ้นคือจาม ไอและหลอดลมตีบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.2 ตัวรับรูที่ขอต่อและกลามเนื้อ (Joint and muscle receptor) จะตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ ของรยางค (Limbs) ซึ่งเชื่อว่าช่วยการกระตุ้นการแลกเปลี่ยนอากาศชวงออกกำลังกาย

1.4.3 ระบบแกมมา (Gamma system) อยู่ที่กลามเนื้อรูปกระสวย (Muscle spindle) บริเวณ กลามเนื้อระหว่างซี่โครง (Intercostal muscle) และกะบังลมซึ่งรับรูการยืดของกลามเนื้อ

1.4.4 ตัวรับรูความดันหลอดเลือดแดง (Arterial baroreceptor) ความดันหลอดเลือดแดงสูงทำ ให้เกิดการหายใจน้อย (Hypoventilation) หรือหยุดหายใจโดยผานตัวรับรูความดันหลอดเลือดแดงใหญ และคาโรติคไซนัส (Aortic and carotic sinus baroreceptors) และในทางตรงกันขามการลดความดัน เลือดทำให้เกิดการหายใจมากเกิน

1.4.5 ตัวรับรูความเจ็บปวดและความร้อนการเจ็บปวดเป็นสาเหตุให้การหายใจหยุดชั่วขณะหนึ่งซึ่ง จะเกิดการหายใจมากตามมา ความรอนก็เชนกันกอให้เกิดการหายใจมาก

2. ตัวควบคุมกลาง สมองส่วนก้านสมอง (Brain stem) ส่งกระแสประสาทกำหนดการหายใจอัตโนวัติในขณะที่สมอง ส่วนคอรเทกซ (Cortex) ควบคุมการหายใจภายใตอำนาจจิตใจ (Voluntary control) ตัวควบคุมกลาง ได้แก่:

2.1 ก้านสมอง ภายในก้านสมองมีกลุมเซลล์ประสาท 3 กลุม ไดแก่

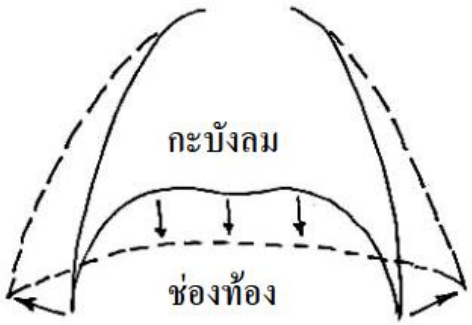
2.1.1 ศูนย์หายใจก้านสมองส่วนท้าย (Medullary respiratory center)

2.1.2 ศูนย์หายใจแอปนูสติค (Apneustic center)

2.1.3 ศูนย์หายใจนูโมแทกซิค (Pneumotaxic center)

2.2 คอรเทกซ

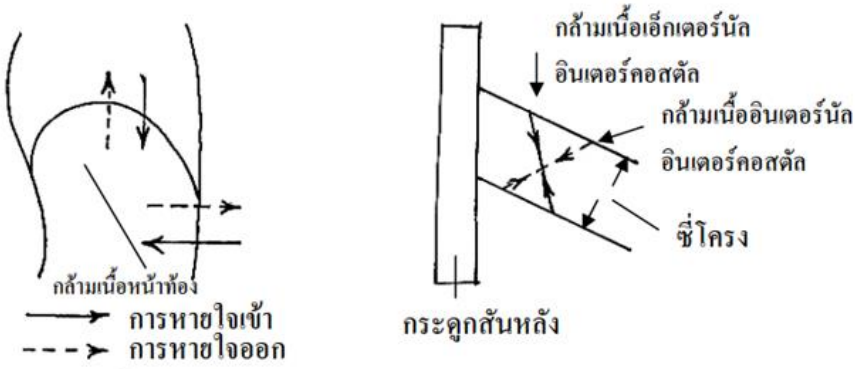
3. ตัวตอบสนอง ตัวตอบสนองก็คือตัวกลามเนื้อ กลามเนื้อที่สำคัญที่สุดในการหายใจเข้าไดแกกลามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) ซึ่งประกอบแผนกลามเนื้อบางรูปโดม (Dome-shaped sheet) ซึ่งอยู่ที่ซี่โครงลางและถูก เลี้ยงดวยประสาทเลี้ยงกะบังลม (Phrenic nerve) เมื่อกลามเนื้อกะบังลมหดตัว อาหารในชองท่อง (Abdominal contents) ถูกบีบให้เคลื่อนที่ไปทางข่างหน่าและลงไปลางขนาดชองอก (Chest cavity) ด่านแนวตั้ง (Vertical dimension) เพิ่มขึ้น โดยขอบกระดูกซี่โครง (Rib cages) ถูกยกขึ้นและเคลื่อนออกด่านข้าง ชองอกแนวขวาง (Transverse diameter) เพิ่มขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กลามเนื้อกะบังลมหดตัวขณะหายใจเข้า(West, 1990)

ปกติการหายใจออกไมต้องอาศัยพลังงาน (Passive process) ปกติปอดและผนังทรวงอก (Chest wall) เป็นอวัยวะที่ยืดหยุนและมีแนวโนมคืนสู่สภาพสมดุลหลังถูกขยายออกโดยใช้พลังงานในระหว่างหายใจเข้าปกติ อย่างไรก็ตามในชวงออกกำลังกายและชวงการหายใจมากเกิน การหายใจออกกลับเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยพลังงาน (Active process) กล่ามเนื้อหายใจออกที่สำคัญคือกล่ามเนื้อ หน่าท่อง (Abdominal wall muscles) ได่แกเรคตัสแอบโดมินิส (Rectus abdominis) กล่ามเนื้ออินเตอรนัลและแอกเตอรนัลโอบลิค (Internal and external oblique muscle) และทรานเวอรซัสแอบโดมินิส (Transversus abdominis) เมื่อกล่ามเนื้อเหลานี้หดตัว ความดันในชองท่องเพิ่มขึ้นและกล่ามเนื้อกะบังลมถูกผลักให้เคลื่อนที่สู่ด่านบน กล่ามเนื้อเหลานี้ยังทำงานเมื่อไอ (Coughing) อาเจียน (Vomiting) และอุจจาระ (Defecation)

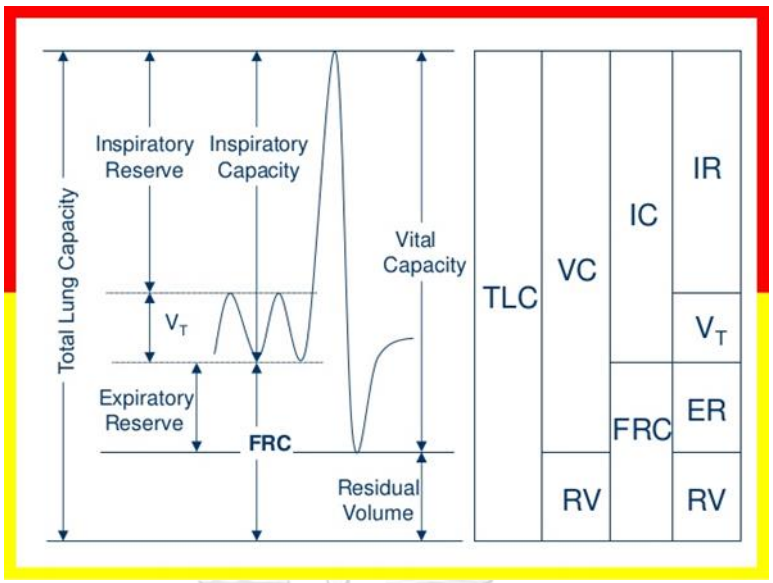
นอกจากนั้นกลามเนื้ออินเตอรนัลอินเตอรคอสตัล (Internal intercostal muscle) ยังช่วยในการ หายใจออกโดยการดึงกระดูกซี่โครงลงลางและเข้าใน ลดปริมาตรชองอก ซึ่งทำงานตรงขามกับกลามเนื้อเอ็กเตอรนัลอินเตอรคอสตัล (External intercostal muscle) ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 3 กลามเนื้อหายใจออก กลามเนื้อหนาทองและ กลามเนื้ออินเตอรคอสตัล (West, 1990)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การขยายตัวของปอด (Distensibility) ไดงายที่ปริมาตรปอดระดับต่ำแต่ปอดขยายตัวไดยากเมื่อปริมาตร ปอดอยู่ในระดับใกล่ความจุปอดทั้งหมด (Total lung capacity; TLC) ความยืดหยุนปอด (Compliance) หาได่จากคาความชันของกราฟความดัน-ปริมาตร (Pressure-volume curve) ในชวงปอดหดตัวคืนสู่สภาพเดิม (Deflection) ปริมาตรปอดที่คาหนึ่ง ๆ ของความดันปอดในชวงหายใจออกสูงกว่าของชวง หายใจเข้า เนื่องจากแรงตึงผิว (Surface tension) ระหว่างอากาศและของเหลวในถุงลม ปอด (Alveoli) ตางกันเนื่องจากเซลล์เอพิธีเลียของถุงลมปอดชนิดไทพ ทู (Type 2 alveolar epithelial cell) สร้างสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ซึ่งองคประกอบหลักของสารนี้เป็นสารไดพัลมิโตอิลฟอสพาติดลโคลิน (Dipalmitoyl phosphatidylcholine)



รูปที่ 4 ปริมาตรและความจุปอด(Fox, 1996)

1. ปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งหรือทีวี (Tidal volume; TV) หมายถึงปริมาตรอากาศเข้าและออกจมูกหรือปากต่อการหายใจ 1 ครั้ง คานี้ถูกกำหนดโดยศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองที่มีผลต่อการ ทำงานของกลามเนื้อหายใจและยังถูกกำหนดโดยกลศาสตรของปอดและผนังทรวงอก ในผู้ใหญสุภาพดี น้ำหนักตัวประมาณ 70 กิโลกรัม ในภาวะหายใจปกติ (Eupnea) มีคาประมาณ 0.5 ลิตร อย่างไรก็ตามคา สูงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย

2. ปริมาตรอากาศเหลือค้างในปอดหรืออารวี (Residual volume; RV) หมายถึงปริมาตรอากาศ เหลือคางในปอดหลังหายใจออกสูงสุดเต็มที่ คาปกติ 1.3 ลิตรในผู้ใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม คาสูงมากในคนเป็นถุงลมปอดโปงพอง (Emphysema)

3. ปริมาตรหายใจออกสำรองหรืออีอารวี (Expiratory reserve volume; ERV) หมายถึงปริมาตร อากาศที่ถูกขับออกจากปอดในชวงหายใจออกเต็มที่ซ่วงเริ่มวัดตั้งแต่ปลายสุดของการหายใจออกปกติใน คนสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัมมีคาประมาณ 1.7 ลิตร

4. ปริมาตรหายใจเข้าสำรองหรือไออารวี (Inspiratory reserve volume; IRV) หมายถึงปริมาตรอากาศที่เข้าปอดในระหว่างหายใจเข้าเต็มที่ เริ่มวัดตั้งแต่ปลายสุดของการหายใจเข้าปกติปกติใน ผู้ใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัมมีคาประมาณ 2.5 ลิตร

5. ความจุปอดที่เหลือค่างหรือเอฟอารซี (Functional residual capacity; FRC) หมายถึงปริมาตรอากาศที่ค่างอยู่ในปอดหลังจากการหายใจออกปกติ มีคาประมาณ 3 ลิตร ในผู้ใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัมมีคาเทากับ RV + ERV

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ความจุหายใจเข้าหรือไอซี (Inspiratory capacity; IC) หมายถึงปริมาตรอากาศที่เข้าสู่ปอด ในชวงหายใจเข้าสูงสุดซึ่งเริ่มวัดที่ปลายสุดของการหายใจออกปกติ (FRC) มีคาเทากับ TV + IRV มี คาประมาณ 3 ลิตรในผูใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม

7. ความจุปอดเต็มที่หรือวีซี (Vital capacity; VC) เป็นปริมาตรอากาศที่ถูกขับออกจากปอดในชวงหายใจออกเต็มที่เริ่มจากการหายใจเข้าเต็มที่ มีคาประมาณ 4.7 ลิตรในผูใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม มีคาเทากับ TV + IRV + ERV

8. ความจุปอดรวมหรือทีแอลซี (Total lung capacity; TLC) ปริมาตรอากาศในปอดหลังหายใจ เข้าเต็มที่ คานี้ประกอบดวย RV + TV + IRV +ERV มีคาประมาณ 6 ลิตร ในผูใหญสุขภาพดีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของการขยายทรวงอกขณะหายใจทางชีวกลศาสตร์

แวน วัณณะพันธุ์ (2542) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการพัฒนากีฬาไว้ว่า “การพัฒนากีฬาเพื่อความเป็นเลิศเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นในการพัฒนากีฬาของชาติซึ่งเป็นการยกระดับมาตรฐานการกีฬาของชาติให้สูงขึ้น ในปัจจุบันนี้มีการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาในสาขาต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ให้เกิดศักยภาพของนักกีฬาสูงขึ้น รวมทั้งการสร้างสถิติใหม่ ขึ้นอยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นด้านเวลา ระยะทาง ความอดทน ความแข็งแรง ตลอดจนทักษะต่างๆ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากความเจริญกาวหน้าทางวิชาการแขนงต่างๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทางด้านการออกกำลังกาย ได้แก่ สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Physiology of Exercise) ชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sport Biomechanics) กีฬาเวชศาสตร์ (Sport Medicine) และจิตวิทยาการกีฬา (Sport Psychology) โดยนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดผลดีต่อการออกกำลังกายและการกีฬามากที่สุด”

การวิเคราะห์ศักยภาพ (Performance Analysis) สามารถพัฒนากระบวนการหรือวิธีการโค้ชได้ในสถานการณ์แข่งขัน โดยในกีฬาประเภททีม เป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลยที่โค้ชจะสามารถจดจำหรือสังเกตเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้ทั้งหมด การใช้เฉพาะความรู้หรือความสามารถหรือจากการสังเกตจากโค้ชไม่สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด ดังนั้นการวิเคราะห์จากข้อมูลพื้นฐานที่ถูกต้อง และการเก็บข้อมูลจึงเป็นเครื่องมือที่จะสามารถพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในอนาคต ดังนั้นวิธีการหรือแนวทางปฏิบัติในการวิเคราะห์ศักยภาพจึงถูกนำมาใช้โดยเทคโนโลยีขั้นสูงในการบันทึกภาพการวิเคราะห์ศักยภาพจึงเป็นองค์ความรู้ที่ปัจจุบันใช้เพื่อพัฒนาระดับความสามารถของนักกีฬา โดยการวิเคราะห์เพื่อประสิทธิผลจะต้องทำงานรวมกับโค้ชอย่างใกล้ชิดซึ่งการเก็บข้อมูลเป็นการประสานงานรวมกันในทีมงาน และโค้ชกับนักกีฬาจะต้องยอมรับและเข้าใจในข้อมูลเหลานั้นได้โดยง่ายซึ่งจะส่งผลให้โค้ชทำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปประเมินผลการฝึกซ้อมหรือแข่งขันเพื่อพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวด้วยวิธีการทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) คือ การประยุกต์วิชาฟิสิกส์และกลศาสตร์เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตในทางกีฬาชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับร่างกายมนุษย์ใช้แรงกับตนเองและกับผู้อื่นในการปะทะกันร่างกายได้รับผลอย่างไรจากแรงภายนอก ความรูที่ลึกซึ้งของชีวกลศาสตร์จะเป็นเครื่องชี้นำสำคัญสำหรับโค้ชและนักกีฬาที่จะเลือกเทคนิคฝึกซ้อมกีฬาได้อย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น และเพื่อตรวจสอบและเข้าในข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ 2544) กล่าวว่าการศึกษาด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sports Biomechanics) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ศึกษาถึงการวิเคราะห์ในเชิงชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยประยุกต์หลักวิชาของสรีรวิทยากายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยสามารถแบ่งการศึกษาทางด้านกลศาสตร์ (Mechanics) แบ่งออกเป็น

1. สแตติคส์ (Statics) เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนของร่างกายในสภาวะอยู่นิ่ง หรืออยู่ในสภาวะสมดุล (Non-moving System)

2. ไดนามิคส์ (Dynamics) เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนของร่างกายในสภาวะที่มีการเคลื่อนไหว (Motion system) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1 คิเนเมติคส์ (Kinematics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึงลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความเร็ว อัตราเร็ว อัตราเร่ง เวลา เป็นต้น โดยไม่เน้นเรื่อง แรง พลังงาน และโมเมนตัม เข้ามาเกี่ยวข้อง

2.2 คิเนติกส์ (Kinetics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึงแรงที่มาทำให้เกิดการเคลื่อนไหว อาจเป็นแรงภายในกล้ามเนื้อ หรือแรงภายนอกร่างกายก็ได้ (กานดา ใจภักดี 2542) การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทางชีวกลศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยระบบระนาบ

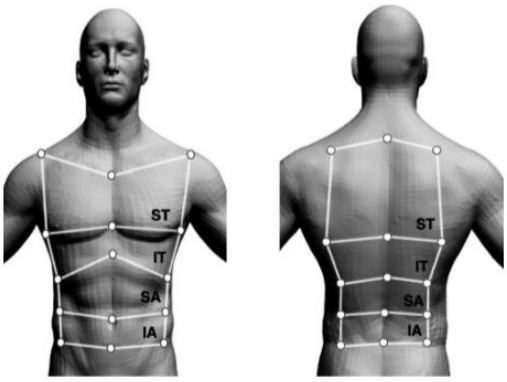
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จินตนาการทั้งสี่แนวที่ผ่านร่างกายซึ่งอยู่ในท่ากายวิภาคศาสตร์มาตรฐานเส้นแบ่งครึ่งร่างกาย เส้นแบ่งครึ่งร่างกาย (Midline of body) คือ การลากเส้นแบ่งครึ่งร่างกายออกเป็นสองสวนซ้ายขวาเท่าๆ กัน โดยการลากเส้นตรงจากหนาผากมายังจมูก หน้าอก ลงมาจรดพื้น

ส่วนใหญ่ของผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจ ได้ใช้ เครื่องมือ spirometry ซึ่งได้รับความนิยมมากในการใช้ทดสอบระบบการทำงานของปอด ใช้วัดปริมาณหรืออัตราการไหลของอากาศ ทั้งการหายใจเข้าและหายใจออก อย่างไรก็ตามเครื่องมือชนิดนี้ไม่สามารถระบุถึงรูปแบบของการหายใจ การเปลี่ยนแปลงปริมาตรให้โดยเฉพาะเจาะจงที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของการหายใจได้ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่างๆเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของทรวงอกขณะหายใจเพื่อศึกษารูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจ ให้สามารถวิเคราะห์ระบบหายใจได้อย่างละเอียดยิ่งขึ้น จากแนวคิดดังกล่าวได้มีการนำเทคโนโลยีทางชีวกลศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อตอบโจทย์

ดังกล่าว โดยการวิเคราะห์การหายใจนี้อยู่บนพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์ของปอดและกระบังลม ประสานรวมกับหลักการทางชีวกลศาสตร์ ดายการติดmaker บนทรวงอกตามแนวทางของกายวิภาคศาสตร์ของผิวหนัง (Surface anatomy) ของแนวปอด ซี่โครงและกระบังลม (รูปที่ 5) (Sarro et al., 2008; A. P. Silvatti et al., 2012)

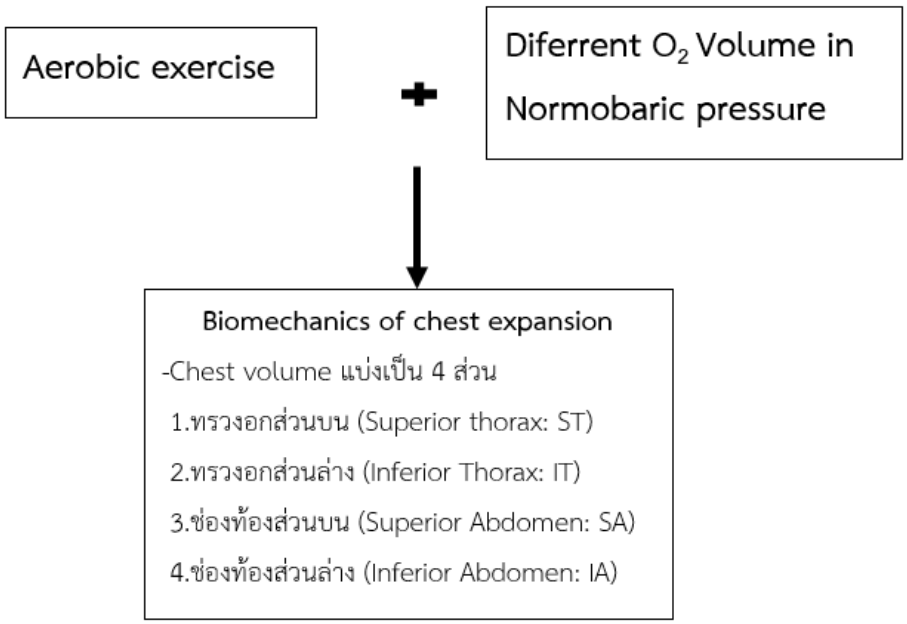
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5 การแสดงภาพบริเวณลำตัวโดยใช้การกำหนดจุดตำแหน่งเพื่อคำนวณปริมาตรต่างๆ ของลำตัว หน้าอกส่วนบน (ST) หน้าอกส่วนล่าง (IT) ช่องทองส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) (A. P. Silvatti et al., 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กรอบแนวความคิดในการวิจัย:



รูปที่ 6 แสดง กรอบแนวคิดงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) โดยใช้ Cross over design ในนิสิตชาย สังกัดมหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-21 ปี โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคน ต้องออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแต่ละรูปแบบต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ โดยการสุ่มลำดับรูปแบบการออกกำลังกาย

กลุ่มตัวอย่าง:

นิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-21 ปี สุขภาพดี จำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากงานวิจัยของ (Downey et al., 2005) โดยนำค่าเฉลี่ยจากผลงานวิจัยมาคำนวณผ่านโปรแกรม G* power โดยกำหนด α = 0.05, β = 0.2 และค่า effect size = 0.56 ผลการคำนวณ ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 11 คน และเพื่อป้องกันการ dropout จึงเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างอีก 20% จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 14 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้คัดกรองกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u>

1. เป็นนิสิตชาย อายุระหว่าง 18-21 ปี
2. สุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรง เช่น เบาหวาน โรคปอด หรือโรคประจำตัวอื่นๆ ที่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และไม่อยู่ในภาวะการเจ็บป่วยจนไม่สามารถออกกำลังกายได้ในช่วงเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการซักถามประวัติทางการแพทย์ และการทดสอบ (แบบสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย: PAR-Q) ภาคผนวก ก
3. ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจ จนมีโครงสร้างทรวงอกผิดปกติ ตัวอย่างเช่น ภาวะอกไก่ อกบุ๋ม หรือ ทรวงอกรูปถังเบียร์ เป็นต้น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการตวรจประเมินโดยนักกายภาพบำบัด อ.ดร.นงนภัส เจริญพานิช
4. มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) $\leq$ 25
5. ไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่างๆ จนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ภายใน 3 เดือน ก่อนเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงของกระดูกและกล้ามเนื้อถึงระดับเข้ารับรักษาโดยการผ่าตัด
7. รับทราบ และเซ็นยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย อย่างเต็มใจ

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยบอกเลิกงานการเข้าร่วมงานวิจัย
2. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถร่วมงานวิจัยได้ เช่น มีอาการป่วย เกิดอุบัติเหตุ หรือ เกิดการบาดเจ็บก่อนการทดสอบ เป็นต้น

<u>กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย</u>

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยด้วยตนเองที่คณะ หรือชมรมนิสิต โดยอธิบายรายละเอียดวิธีการวิจัย และจำนวนครั้งที่ต้องมาทดสอบ ข้อดีและข้อเสียของการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยไม่มีผลต่อการเรียน จากนั้นจึงจะขอให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเซ็นยินยอมเข้าร่วมโครงการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย เมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยจะนัดให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาทำการทดสอบในวันที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสะดวกจะเข้าร่วมงานวิจัยที่โรงยิมคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ตึกจุฬาพัฒน์ 10 ในช่วงเวลา 9.00-15.00 น. โดยมีการบันทึกภาพการขยายทรวงอกก่อนการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำกว่าปกติ ความดันปกติ การเตรียมพร้อมการออกกำลังกาย และการบันทึกภาพการขยายทรวงอกหลังการออกกำลังกายทันที หลังจากนั้นจึงออกกำลังกายเพื่อผ่อนคลาย โดยในแต่ละครั้งของการทดสอบจะใช้เวลาไม่เกิน 40 นาทีจะจบสิ้นกระบวนการ และหลังจากนั้นจะทำการนัดวันและเวลาในการเข้ารวมการทดสอบครั้งต่อไป โดยแต่ละครั้งของการทดสอบจะเว้นระยะเวลาเพื่อลดผลจากการเรียนรู้ในการตอบสนองต่อการออกกำลังกาย อย่างน้อย 5 วัน

การสังเกตและการวัด

ตัวแปรในงานวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐาน
   - อายุ
   - น้ำหนัก
   - ส่วนสูง
   - ดัชนีมวลกาย

2. ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

- ปริมาตรทรวงอก Chest volume ; คำนวณจากคู่ลำดับของตำแหน่ง Marker ทั้ง 30จุด บนพื้นฐานทางเรขาคณิตจากผลรวมของปริมาตรทรง 12 เหลี่ยมด้านไม่เท่าตาม วิธีการของ (Ferrigno, 1994)

- ความจุปอดแท้รวม (Total lung capacity=TLC)

- ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าเต็มที่ (Inspiratory capacity =IC)

- ปริมาตรหายใจปกติ (Tidal volume=TV)

- ความจุปอดปกติ (Vital capacity=VC)

โดยแบ่งทรวงอกออกเป็น 4 ส่วนประกอบไปด้วย

- ทรวงอกส่วนบน (Superior thorax: ST)
- ทรวงอกส่วนล่าง (Inferior Thorax: IT)
- ช่องท้องส่วนบน (Superior Abdomen: SA)
- ช่องท้องส่วนล่าง (Inferior Abdomen: IA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย:

1. ข้อมูลจากแบบสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย **(**Physical Activity Readiness Questionnaire :PAR-Q**)** (ภาคผนวก ก)
2. ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ เป็นข้อมูลจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งประกอบด้วย
    2.1 กล้องความเร็วสูง จำนวน 7 ตัว รุ่น Qualisys oqus 7+ series โดยเป็นกล้องสำหรับวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Infrared base จำนวน 6 ตัว) และกล้องสำหรับแสดงท่าทางการเคลื่อนไหว (Video base) จำนวน 1 ตัว

รูปที่ 7 กล้องความเร็วสูง รุ่น Qualisys oqus 7+ series

2.2 Retroreflective Marker ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. จำนวน 30 ตัว

จุฬาลงกรณ์มห
CHULALONGKORN

รูปที่ 8 Retroreflective marker ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม

2.3 สำลีชุบแอลกอฮอล์ สำหรับทำความสะอาดผิวหนังก่อนการติด Marker

2.4 กาวสำหรับติด Marker

2.5 เทปกาวยืด สำหรับปิดทับ Marker เพื่อป้องกันการหลุด

3. อุปกรณ์แสดงอัตราการเต้นของหัวใจ: Polar Heart rate sensor H7 พร้อมสายรัดจำนวน 1 เครื่อง โดยแสดงอัตราการเต้นของหัวใจผ่านทาง Application บน Smart phone

รูปที่ 9 Polar Heart rate sensor H7

4. ห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic Training Room) ระบบเอทีเอส 5 เคเอชพี 750 (ATS-5KHP 750 SYSTEM) ประเทศออสเตรเลีย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ 15% อุณหภูมิ 25°

รูปที่ 10 หน้าจอแสดงค่าการทำงานของห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

5. **ลู่กล: Treadmill**

รูปที่ 11 Tread mill

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการดำเนินวิจัย

ขั้นตอนก่อนการทดลอง

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้ายินดีเข้าร่วมวิจัยเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย และทำการตอบแบบสอบถามเพื่อทดสอบความพร้อมในการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ก) และเก็บข้อมูลเบื้องต้น (ภาคผนวก ข)
2. อธิบายจุดประสงค์และอธิบายวิธีปฏิบัติและการเก็บข้อมูลให้ผู้ร่วมเข้าร่วมงานวิจัยทุกคนทราบ
3. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับการจับสลากเพื่อเป็นการสุ่มในการทดสอบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติหรือปริมาณออกซิเจนต่ำ
4. วิธีการทดสอบ

4.1 วัดอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (HR Rest) เพื่อใช้คำนวณหา Target HR

4.2 ทำความสะอาดผิวหนังของผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ดบริเวณจุดติด marker ทั้ง 30 ตำแหน่งตั้งแต่เริ่มการทดสอบจนสิ้นสุดการทดสอบ โดยทั้ง 30 จุด ประกอบด้วย (ในรูปที่ 12-13) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการติด Maker ด้วยตนเองและควบคุมโดยนักกายภาพบำบัด อาจารย์.ดร.นงนภัส เจริญพานิช

ทางด้านหน้า (Anterior view)

ด้านข้างลำตัวทั้ง 2 ข้าง จำนวน 10 จุด ได้แก่ (รูปที่ 12)

- ข้อต่อกระดูกหัวไหล่ Acromioclavicular joint
- กระดูกซี่โครงที่ 4 (Rib 4: แนวเดียวกันกับ acromioclavicular joint)
- กระดูกซี่โครงที่ 10 (Rib 10: แนวเดียวกับกับ lateral 1/3 ของ clavicle)
- แนวกึ่งกลางระหว่าง rib 10 และ anterior superior iliac spine (ASIS)
- Anterior superior iliac spine (ASIS)

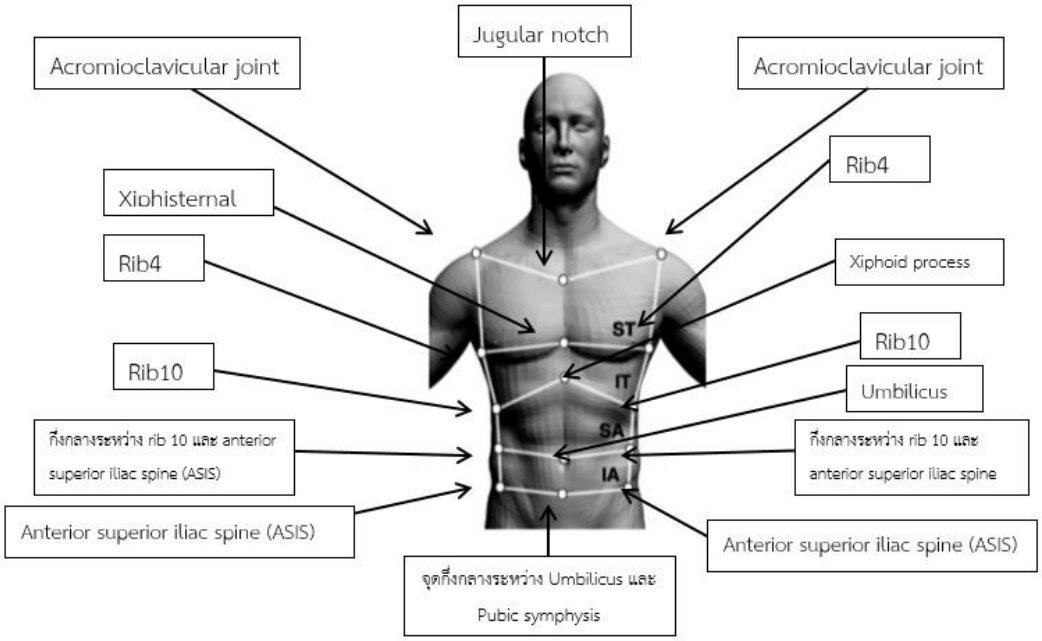
กึ่งกลางลำตัว จำนวน 5 จุด ได้แก่

-Jugular notch

-Xiphisternal joint

- Xiphoid process
- Umbilicus
- จุดกึ่งกลางระหว่าง Umbilicus และ Pubic symphysis

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 12 แสดงบริเวณจุดติดmaker ทางด้านหน้า (Anterior view)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

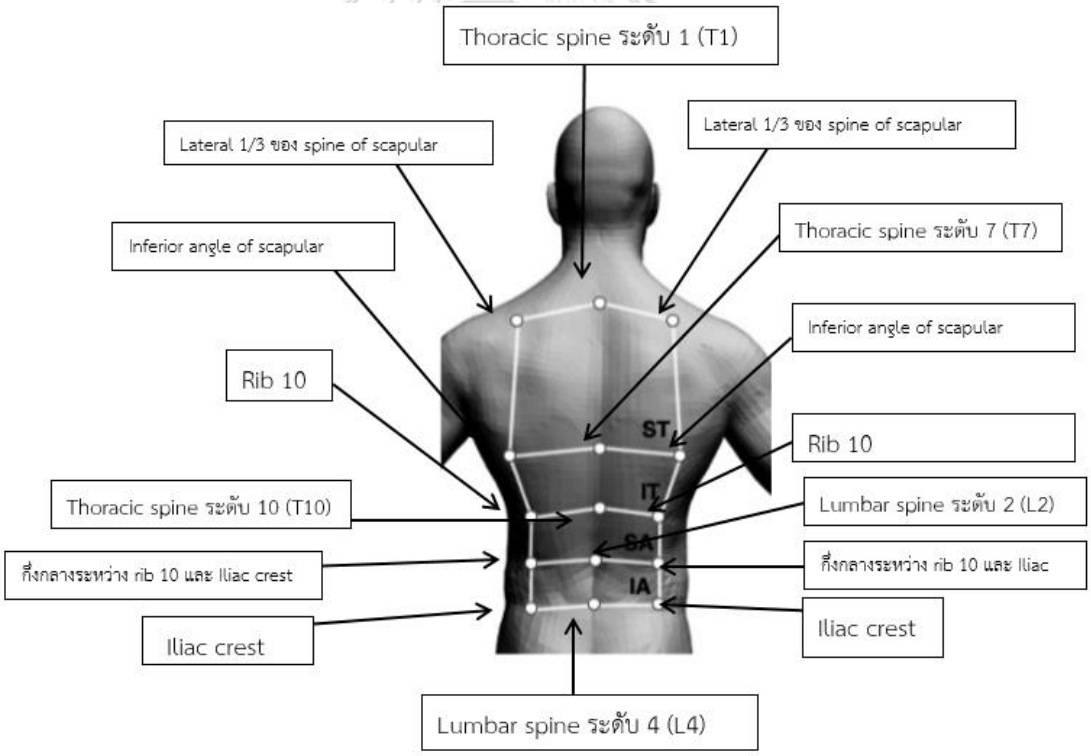
ทางด้านหลัง (Posterior view)

ด้านข้างลำตัวทั้ง 2 ข้าง จำนวน 10 จุด ได้แก่ (รูปที่ 13)

- Lateral 1/3 ของ spine of scapular
- Inferior angle of scapular
- Rib 10: แนวเดียวกันกับ lateral 1/3 ของ spine of scapular
- กึ่งกลางระหว่าง rib 10 และ Iliac crest
- Iliac crest: แนวเดียวกันกับ lateral 1/3 ของ spine of scapular

กึ่งกลางลำตัว จำนวน 5 จุด ได้แก่ spinous process ของกระดูกสันหลัง 5 ระดับดังนี้

- Thoracic spine ระดับ 1 (T1)
- Thoracic spine ระดับ 7 (T7)
- Thoracic spine ระดับ 10 (T10)
- Lumbar spine ระดับ 2 (L2)
- Lumbar spine ระดับ 4 (L4)



รูปที่ 13 แสดงบริเวณจุดติด maker ทางด้านหลัง (Posterior view)

4.3 วิเคราะห์การขยายทรวงอกก่อนการออกกำลังกาย โดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัย นั่งบนเก้าอี้ไม่มีพนักพิง มือทั้ง 2 ข้าง วางบนตักในท่ากางแขนประมาณ 70 องศา เท้าวางราบกับพื้น(ภาคผนวก ง) ผู้วิจัยเริ่มจับการหายใจปกติ โดยไม่แจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ เพื่อป้องการการเกร็งขณะหายใจ จำนวน 5 รอบของการหายใจ หลังจากนั้น ผู้วิจัยแจ้งให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัย หายใจเข้าเต็มที่ และผ่อนออกให้สุด จำนวน 3 รอบ ของการหายใจ และปล่อยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยหายใจปกติอีก 3 ครั้ง โดยนำค่าเฉลี่ยของการหายใจครั้งที่ 3-5 ของการหายใจก่อนหายใจเต็มที่ และรอบที่ 2 ของการหายใจเต็มที่มาวิเคราะห์ข้อมูล

4.4 จัดลำดับการออกกำลังกายระหว่างออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ บรรยากาศปกติ โดยการสุ่มอย่างง่าย (Random Sampling)

4.5 ให้ผู้เข้าทดสอบยืดเหยียดร่างกายเป็นเวลา 5 นาทีก่อนทำการออกกำลังกาย(ภาคผนวก ค) และผู้เข้าทดสอบทั้งสองกลุ่มวิ่งบนลู่กล โดยปรับความเร็วลู่กลสูงสุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยวิ่งจนกระทั่งรักษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจขึ้นถึงระดับ 40-60% ของชีพจรเป้าหมาย (Target HR) คำนวณจาก อัตราการเต้นของหัวใจย้อนกลับ HRR โดยใช้สูตร Target HR = ชีพจรขณะพัก + % (HR_{max}-ชีพจรขณะพัก) และให้ออกกำลังกายที่ระดับความหนักนั้น เป็นเวลา 15 นาที เมื่อระดับอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเกินระดับ 40-60% ของชีพจรเป้าหมาย ก็จะลดระดับความหนักของการออกกำลังกายลงให้อยู่ในระดับอัตราการเต้นของหัวใจใจที่กำหนด

4.6 หลังจากครบ 15 นาที ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนั่งเพื่อวิเคราะห์การขยายทรวงอก ดังวิธีการเก็บข้อมูลที่แสดงไว้ในข้อ 4.3

4.7 หลังการบันทึกการขยายทรวงอก ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อผ่อนคลายหลังการออกกำลังกาย ในระยะเวลา 15 นาทีโดยประมาณ

4.8 หลังการทดสอบ ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาทดสอบครั้งต่อไป โดยแต่ละการทดสอบเว้นช่วงเวลาอย่างน้อย 5 วัน เพื่อหลีกเลี่ยงผลการเก็บข้อมูลในครั้งแรก โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องเข้าร่วมงานวิจัยในทุกกลุ่มจนครบ

5. เมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยทดสอบครบทั้ง 2 กลุ่ม นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาตรทรวงอก (ภาคผนวก) และวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

<u>วิธีการพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย</u>

การเข้าร่วมในการวิจัยของผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นไปโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

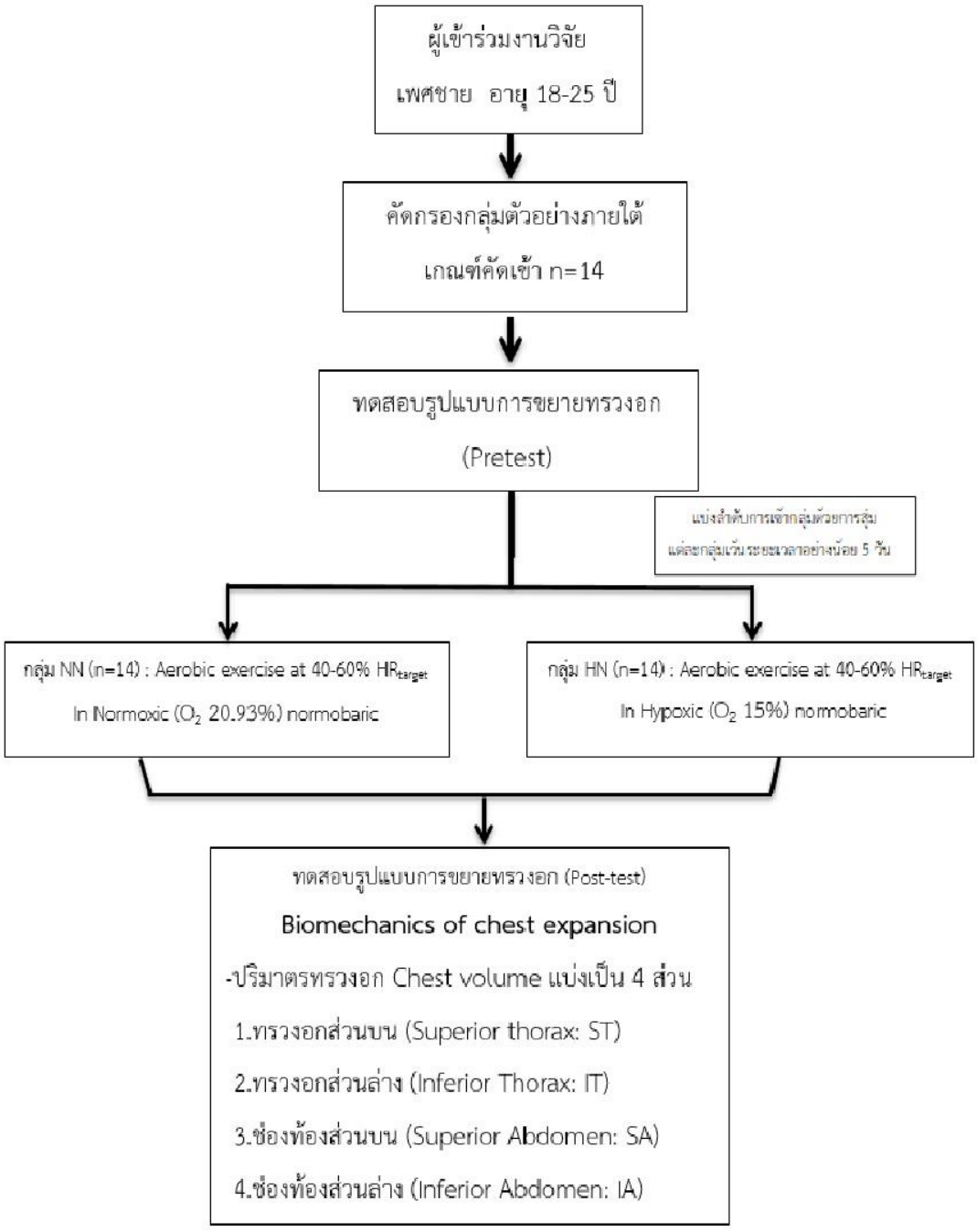
ภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน เมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัยข้อมูลจะถูกทำลายต่อไป

ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ต้องอาศัยความชำนาญเป็นอย่างมากในการติดMARKERทั้ง 30 จุด ให้ได้ตำแหน่งเดิมซึ่งส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก งานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม Pre test – Post test และใช้ผลต่างระหว่าง Pre test และ Post test เป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 14 แสดง แผนผังการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล:

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 22 เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ โดยใช้ Kolmogorov Smirnov พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นปกติ จึงวิเคราะห์ดังนี้

-วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Pair t- test แบบ Repeated measure เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนหลังการออกกำลังกายโดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

-วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้ Dependent t- test โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติจากข้อมูลที่ได้ในนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งหมดสองรูปแบบ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการคัดเลือกแบบสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุตั้งแต่ 18-21 ปี ทั้งหมด 14 คน

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

N = 14	$\bar{X}$ ± SD
อายุ (ปี)	19.93 ± 1.14
ส่วนสูง (ซม.)	173.71 ± 4.65
น้ำหนัก (kg)	63.79 ± 7.28
BMI (kg/m^2)	21.41 ± 2.03

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ อายุตั้งแต่ 18-21 ปี ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 19.93 ± 1.14 ปี ส่วนสูง 173.71 ± 4.65 เซนติเมตร น้ำหนัก 63.79 ± 7.28 กิโลกรัม และ BMI 21.41 ± 2.03 กิโลกรัม/เมตร^2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณ (Liter) ของกลุ่ม control (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนปกติ) และกลุ่ม Hypoxic (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ)

	Control			
	Pre	Post	*t*	*p-value*
TLC	19.23 ± 2.85	19.18 ± 2.59	0.16	0.88
IC	2.03 ± 0.75	2.29 ± 1.01	-1.16	0.27
VT	0.40 ± 0.21	0.71 ± 0.47	-2.79	0.02*
VC	1.81 ± 0.79	2.17 ± 0.96	-1.18	0.26
	Hypoxic			
	Pre	Post	t	*p-value*
TLC	19.67 ± 2.72	19.92 ± 2.61	-1.08	0.30
IC	1.85 ± 0.68	2.03 ± 0.75	-0.79	0.44
VT	0.56 ± 0.38	0.75 ± 0.33	-2.33	0.04*
VC	1.66 ± 0.68	2.14 ± 1.16	-1.80	0.10

* หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายที่ระดับ ≤ 0.05

TLC: Total Lung Capacity, IC: Inspiratory Capacity, VT: Tidal volume, VC: Vital capacity

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาตรปอด พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายทั้งในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

1. ความจุปอดรวม (Total Lung Capacity: TCL) มีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 19.23 ± 2.85 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 19.18 ± 2.59 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีค่าปริมาตรปอดก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 19.67 ± 2.72 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 19.92 ± 2.61 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) มีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 2.03 ± 0.75 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 2.29 ± 1.01 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีค่าปริมาตรปอดก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 1.85 ± 0.68

ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 2.03 ± 0.75 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) มีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 0.40 ± 0.21 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 0.71 ± 0.47 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีค่าปริมาตรปอดก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 0.56 ± 0.38 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 0.75 ± 0.33 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย มีความแตกต่างกันในที่ปริมาณออกซิเจนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.02 และมีความแตกต่างกันในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.04

ความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) มีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 1.81 ± 0.79 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 2.17 ± 0.96 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีค่าปริมาตรปอดก่อนการออกกำลังกาย เท่ากับ 1.66 ± 0.68 ลิตร และหลังการออกกำลังกาย เท่ากับ 2.14 ± 1.16 ลิตร ในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนต่างๆ ก่อนและหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก ระหว่างกลุ่ม Control (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนปกติ) และกลุ่ม Hypoxic (ออกกำลังในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ)

	Control	Hypoxic	*t*	*p-value*
ST	0.32 ± 0.41	0.28 ± 0.24	0.35	0.73
IT	0.19 ± 0.23	0.60 ± 0.35	-3.29	0.01*
SA	0.35 ± 0.53	0.18 ± 0.19	1.48	0.16
IA	0.23 ± 0.26	0.12 ± 0.17	1.19	0.26

* หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม control และ กลุ่ม Hypoxic ที่ระดับ ≤ 0.05

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน และ IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนต่างๆ ของปริมาตรปอดก่อนและหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง IT

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนทรวงอกส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.32 ± 0.41 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.28 ± 0.24 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนทรวงอกส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.19 ± 0.23 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.60 ± 0.35 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรปอดในส่วนช่องท้องส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.35 ± 0.53 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.18 ± 0.19 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรปอดในช่องท้องส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.23 ± 0.26 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.12 ± 0.17 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control			
	Pre	**Post**	***t***	***p-value***
ST	0.45 ± 0.39	0.69 ± 0.42	-2.48	0.03*
IT	0.99 ± 0.44	0.96 ± 0.44	0.26	0.80
SA	0.51 ± 0.19	0.48 ± 0.23	0.51	0.62
IA	0.06 ± 0.08	0.04 ± 0.10	0.79	0.44
Total	2.02 ± 0.75	2.17 ± 0.79	-0.90	0.38
	Hypoxic			
	Pre	**Post**	***t***	***p-value***
ST	0.57± 0.31	0.61 ± 0.33	-0.36	0.72
IT	0.81 ± 0.34	0.93 ± 0.28	-1.45	0.17
SA	0.53 ± 0.25	0.45 ± 0.16	1.45	0.17
IA	0.00 ± 0.14	0.11 ± 0.19	-2.74	0.02*
Total	1.90 ± 0.69	2.10 ± 0.70	-0.80	0.44

*หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายที่ระดับ ≤ 0.05

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆและผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนบน (ST) และเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของช่องท้องส่วนล่าง (IA)

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความจุหายใจเข้าบริเวณทรวงอกส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.45 ± 0.39 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.69 ± 0.42 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายใน

ที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.57± 0.31ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.61 ± 0.33 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.03 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ

2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความจุหายใจเข้าทรวงอกส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.99 ± 0.44 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.96 ± 0.44 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.81 ± 0.34 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.93 ± 0.28 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความจุหายใจเข้าช่องท้องส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.51 ± 0.19 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.48 ± 0.23 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.53 ± 0.25 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.45 ± 0.16 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความจุหายใจเข้าช่องท้องส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.06 ± 0.08 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.04 ± 0.10 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.00 ± 0.14 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.11 ± 0.19 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.02 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

5. ปริมาตรรวมทั้งหมดของทรวงอกและช่องท้อง (Total) ก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 2.02 ± 0.75 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 2.17 ± 0.79 ลิตร และก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.19 ± 0.69 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.21 ± 0.70 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 แสดงค่าความต่างของความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายของส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control	Hypoxic	*t*	*p-value*
ST	0.24 ± 0.36	0.04 ± 0.37	1.40	0.18
IT	-0.03 ± 0.44	0.12 ± 0.31	-1.05	0.31
SA	-0.03 ± 0.25	0.08 ± 0.21	0.67	0.51
IA	-0.02 ± 0.10	0.11 ± 0.15	-2.89	0.01*
Total	0.15 ± 0.63	0.18 ± 0.86	-0.12	0.91

* หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ระดับ ≤ 0.05
- หมายความว่าปริมาตรหลังการออกกำลังกายมีค่าน้อยกว่าก่อนการออกกำลังกาย
ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าความต่างของความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำความดันปกติ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของช่องท้องส่วนล่าง (IA)

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความต่างของความจุหายใจเข้าในส่วนทรวงอกส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.24 ± 0.36 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.04 ± 0.37 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความต่างของความจุหายใจเข้าในส่วนทรวงอกส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ -0.03 ± 0.44 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.12 ± 0.31 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความต่างของความจุหายใจเข้าในส่วนช่องท้องส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ -0.03 ± 0.25 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.08 ± 0.21 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความต่างของความจุหายใจเข้าในส่วนช่องท้องส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ -0.02 ± 0.10 ลิตร และการออกกำลังกายในที่

ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.11 ± 0.15 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้อง (Total) มีค่าความแตกต่างของความจุหายใจเข้าในส่วนผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้องในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.15 ± 0.63 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.18 ± 0.86 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control			
	Pre	Post	t	p-value
ST	0.10 ± 0.07	0.28 ± 0.26	-2.98	0.01*
IT	0.14 ± 0.13	0.25 ± 0.20	-2.86	0.01*
SA	0.14 ± 0.07	0.16 ± 0.13	-0.45	0.66
IA	0.05 ± 0.03	0.08 ± 0.06	-1.81	0.93
Total	0.47 ± 0.39	0.77 ± 0.48	-2.79	0.02*
	Hypoxic			
	Pre	Post	*t*	*p-value*
ST	0.19 ± 0.15	0.24 ± 0.13	-1.36	0.20
IT	0.18 ± 0.13	0.27 ± 0.14	-2.47	0.03*
SA	0.18 ± 0.15	0.22 ± 0.12	-1.60	0.13
IA	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04	-1.54	0.15
Total	0.59 ± 0.41	0.79 ± 0.39	-2.39	0.03*

*หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายที่ระดับ ≤ 0.05

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนบน (ST) ทรวงอกส่วนล่าง (IT) และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) และผลรวมทั้งหมด

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความจุหายใจเข้าทรวงอกส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.10 ± 0.07 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณ

ออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.28 ± 0.26 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.19 ± 0.15 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.24 ± 0.13 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ

2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความจุหายใจเข้าทรวงอกส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.14 ± 0.13 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.25 ± 0.20 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.18 ± 0.13 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.27 ± 0.14 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.03 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความจุหายใจเข้าช่องท้องส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.14 ± 0.07 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.16 ± 0.13 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.18 ± 0.15 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.22 ± 0.12 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความจุหายใจเข้าช่องท้องส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.05 ± 0.03 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.08 ± 0.06 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.04 ± 0.03 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.06 ± 0.04 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้อง (Total) มีค่าความจุหายใจเข้าผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้องก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.47 ± 0.39 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.76 ± 0.48 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.59 ± 0.41 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.79 ± 0.39 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.02 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.03 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 แสดงค่าความต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายของส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control	Hypoxic	*t*	*p-value*
ST	0.18 ± 0.22	0.05 ± 0.13	1.84	0.09
IT	0.11 ± 0.14	0.08 ± 0.13	0.44	0.67
SA	0.02 ± 0.15	0.05 ± 0.11	-0.55	0.59
IA	0.03 ± 0.05	0.02 ± 0.04	0.65	0.53
Total	0.34 ± 0.39	0.20 ± 0.31	0.64	0.53

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จากตารางที่ 7 พบว่า ค่าความต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งในส่วนทรวงอกส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.18 ± 0.22 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.05 ± 0.13 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งในส่วนทรวงอกส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.11 ± 0.14 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.08 ± 0.13 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งในส่วนช่องท้องส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.02 ± 0.15 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.05 ± 0.11 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งในส่วนช่องท้องส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.03 ± 0.05 ลิตร และการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.02 ± 0.04 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้อง (Total) มีค่าความแตกต่างของปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้งในส่วนผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้องในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.29 ± 0.39 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.21 ± 0.31 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control			
	Pre	Post	*t*	*p-value*
ST	0.43 ± 0.27	0.59 ± 0.29	-2.04	0.06
IT	0.81 ± 0.39	0.89 ± 0.45	-1.14	0.28
SA	0.55 ± 0.20	0.48 ± 0.28	0.88	0.40
IA	0.13 ± 0.74	0.10 ± 0.07	1.17	0.27
Total	1.92 ± 0.71	2.10 ± 0.70	-0.89	0.39
	Hypoxic			
	Pre	Post	*t*	*p-value*
ST	0.49 ± 0.23	0.55 ± 0.40	-0.67	0.52
IT	0.69 ± 0.32	0.98 ± 0.36	-3.70	0.01*
SA	0.47 ± 0.22	0.59 ± 0.21	-3.30	0.01*
IA	0.04 ± 0.11	0.22 ± 0.16	-4.57	0.00*
Total	1.70 ± 0.67	2.34 ± 0.88	-3.05	0.01*

*หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายที่ระดับ ≤ 0.05

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 8 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) ในส่วนต่างๆและผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) ช่องท้องส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) และผลรวมทั้งหมด

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความจุปอดเต็มที่ทรวงอกส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.43 ± 0.27 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.59 ± 0.29 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณ

ออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.49 ± 0.23 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.55 ± 0.40 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความจุปอดเต็มที่ทรวงอกส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.81 ± 0.39 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.89 ± 0.45 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.69 ± 0.32 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.98 ± 0.36 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความจุปอดเต็มที่ช่องท้องส่วนบนก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.55 ± 0.20 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.48 ± 0.28 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.47 ± 0.22 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.59 ± 0.21 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความจุปอดเต็มที่ช่องท้องส่วนล่างก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.13 ± 0.74 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.10 ± 0.07 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.04 ± 0.11 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.22 ± 0.16 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้อง (Total) มีค่าความจุปอดเต็มที่เข้าผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้องก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.20 ± 0.71 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.21 ± 0.70 ลิตร และค่าความจุหายใจเข้าก่อนการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.17 ± 0.67 ลิตร และหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.23 ± 0.88 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในการเปรียบเทียบการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความต่างของความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด (Liter)

	Control	Hypoxic	*t*	*p-value*
ST	0.16 ± 0.30	0.07 ± 0.37	0.74	0.47
IT	0.07 ± 0.25	0.28 ± 0.29	-2.44	0.03*
SA	-0.06 ± 0.27	0.13 ± 0.14	-2.41	0.03*
IA	-0.02 ± 0.07	0.18 ± 0.15	-4.64	0.00*
Total	0.15 ± 0.48	0.66 ± 0.81	-2.30	0.04*

*หมายความว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติที่ระดับ ≤ 0.05

-หมายความว่าปริมาตรหลังการออกกำลังกายมีค่าน้อยกว่าก่อนการออกกำลังกาย

ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน, IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง และ Total: ผลรวมปริมาตรจากทุกส่วน

จากตารางที่ 9 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความต่างของความจุปอดเต็มที่ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) ช่องท้องส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) และผลรวมของทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ทรวงอกส่วนบน (ST) มีค่าความแตกต่างของความจุปอดเต็มที่ในส่วนทรวงอกส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.16 ± 0.30 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.07 ± 0.37 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีค่าความแตกต่างของความจุปอดเต็มที่ในทรวงอกส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.07 ± 0.25 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.28 ± 0.29 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.03

3. ช่องท้องส่วนบน (SA) มีค่าความแตกต่างของความจุปอดเต็มที่ในส่วนช่องท้องส่วนบนในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ -0.06 ± 0.27 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.13 ± 0.14 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.03

4. ช่องท้องส่วนล่าง (IA) มีค่าความแตกต่างของความจุปอดเต็มที่ในส่วนช่องท้องส่วนล่างในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ -0.02 ± 0.07 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.18 ± 0.15 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00

5. ผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้อง (Total) มีค่าความแตกต่างของความจุปอดเต็มที่ในส่วนผลรวมของทั้งหมดของทรวงอกและหน้าท้องในการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ เท่ากับ 0.11 ± 0.48 ลิตร และการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ เท่ากับ 0.66 ± 0.81 ลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ โดยทำการคัดเลือกแบบสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นิสิตนักศึกษา และนักกีฬาสมัครเล่นชมรมฟุตซอล จำนวน14 คน อายุระหว่าง 18-21 ปี โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคน ต้องออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ (ปริมาณออกซิเจน 15%) ความดันปกติ จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบ pair t- test เพื่อหาความแตกต่างกันของตัวแปรดังต่อไปนี้

ผลการวิจัยพบว่า

ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาตรปอด พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายทั้งในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและในที่ปริมานออกซิเจนต่ำความดันปกติ

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรปอดก่อนและหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิกในส่วนต่างๆ ของปริมาตรปอด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง IT

ผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆและผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนบน (ST) และเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของช่องท้องส่วนล่าง (IA)

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบผลต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของช่องท้องส่วนล่าง (IA)

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบความจุหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆและผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนบน (ST) ทรวงอกส่วนล่าง (IT) และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) และผลรวมทั้งหมด

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการเปรียบเทียบความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) ในส่วนต่างๆและผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) ช่องท้องส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) และผลรวมทั้งหมด

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความจุปอดเต็มที่ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด คัญ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของทรวงอกส่วนล่าง (IT) ช่องท้องส่วนบน (SA) ช่องท้องส่วนล่าง (IA) และผลรวมของทั้งหมดผลการเปรียบเทียบความแตกต่างความจุปอดเต็มที่ในส่วนต่างๆ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลต่างของการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนปกติและการออกกำลังกายในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของ ช่องท้องส่วนล่าง (IA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผล

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนมีอายุ ระหว่าง 18-21ปี มีส่วนสูง น้ำหนัก และ BMI อยู่ในเกณฑ์ปกติ เป็นผู้มีสุขภาพดี ไม่มีประวัติเจ็บป่วย และยังได้รับการฝึกซ้อมกีฬาฟุตซอลอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงสามารถเข้าร่วมงานวิจัยนี้ได้โดยไม่มีผู้ใดขอถอนตัวจากงานวิจัย ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

วิธีการคำนวณปริมาตรทรวงอกนี้อยู่บนพื้นฐานทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวและการวิธีการคำนวณปริมาณทางคณิตศาสตร์ ปริมาตรที่ได้จากการคำนวณนี้จึงเป็นปริมาตรทางอ้อม ที่ได้จากการเคลื่อนไหวทรวงอกขณะหายใจ แต่อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผลการคำนวณปริมาตร สามารถนำมาเทียบเคียงถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของปอดได้จริงจึงสามารถบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายทรวงอกหลังการออกกำลังกายได้ (Sarro et al., 2008; Amanda P Silvatti et al., 2012) การวางตำแหน่งมาร์กเกอร์ทั้ง 30 จุดนี้ วางบนพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์ โดยเฉพาะกายวิภาคศาสตร์พื้นผิวที่สอดคล้องกับกายวิภาคของปอดที่อยู่ภายในทรวงอก โดยอาศัยหลักการทางคิเนซิโอโลจีในการอธิบายการแบ่งส่วนของการเคลื่อนไหวของทรวงทั้ง 4 ส่วน ซึ่งได้แก่ ทรวงอกส่วนบน (Superior thoracic: ST) ทรวงอกส่วนล่าง (Inferior thoracic: IT) ช่องท้องส่วนบน (Superior abdomen: SA) และ ช่องท้องส่วนล่าง (Inferior abdomen: IA) (Hamilton, 2011)

จากการทดลองพบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาตรปอด เมื่อแบ่งเป็น ความจุปอดรวม (Total Lung Capacity: TCL) ความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) ความจุปอดเต็มที่ (Vital Capacity: VC) จะพบว่ามีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนและหลังการออกกำลังกาย ทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติความดันบรรยากาศปกติและสภาวะออกซิเจนต่ำ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และ ปริมาตรหายใจเข้าออกหนึ่งครั้ง (Tidal Volume: VT) มีค่าปริมาตรปอดจากการคำนวณก่อนและหลังการออกกำลังกาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในสภาวะออกซิเจนปกติและสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ เนื่องจากถ้ามองโดยภาพรวมของการหายใจภายในปอดโดยรวม อาจจะไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย ซึ่งจะคล้ายคลึงกับการวัดปริมาตรปอดโดยวิธีการวัดตรงซึ่งจะไม่สามารถบอกรูปแบบของการหายใจได้

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาตรปอดแบ่งเป็นส่วนต่างๆ (ST: บริเวณทรวงอกส่วนบน, IT: บริเวณทรวงอกส่วนล่าง, SA: บริเวณช่องท้องส่วนบน และ IA: บริเวณช่องท้องส่วนล่าง) ก่อนและหลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ มีการหายใจเพิ่มขึ้นไปยังบริเวณทรวงอกส่วนล่าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อแบ่งทรวงอกออกเป็นส่วนต่างๆ แล้วจะเห็นความแตกต่างของรูปแบบการหายใจที่ชัดเจนขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการเปรียบเทียบผลการคำนวนปริมาตรปอดจากการวิเคราะห์การคำนวนปริมาตรของ TLC (ตารางที่ 2-3) พบว่า ค่า TLC ก่อน และหลังการออกกำลังกายไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่าการออกกำลังกายที่ระดับ 40-60% ของ ชีพจรเป้าหมาย น่าจะไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้ร่างกายเพิ่มปริมาตรในการหายใจเพื่อเพิ่มออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทั้งในที่สภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำความดันปกติ แต่เมื่อพิจารณาแยกส่วนของการเพิ่มปริมาตรทรวงอก (ตารางที่ 3-4) พบว่า หลังออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันปกติ ปริมาตรทรวงอกส่วนล่าง (IT) มีปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาตรโดยรวมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า หลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ แสดงการปรับเปลี่ยนรูปแบบการหายใจโดยมีการหายใจโดยดึงอากาศถึงถึงทรวงอกส่วนล่างเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณารูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจเข้า (ตารางที่ 2 และ 5) พบว่า แม้ว่าปริมาตรโดยรวมจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เฉพาะปริมาตรของช่องท้องส่วนล่างพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการออกกำลังกายในสภาะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ จึงอาจกล่าวได้ว่า ปริมาตรทรวงอกที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเพิ่มปริมาตรในการหายใจเข้า โดยมีรูปแบบการขยายทรวงอกที่เพิ่มปริมาตรลงสู่ส่วนล่าง ซึ่งหมายถึงรูปแบบการหายใจที่ดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างที่มีปริมาตรมากกว่าปอดส่วนบนเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณารูปแบบการเปลี่ยนปริมาตรทรวงอกในส่วนต่างๆ (ตารางที่ 6) พบว่าหลังออกกำลังกายที่สภาวะออกซิเจนปกติ จะพบการเพิ่มขึ้นของปริมาตรทรวงอกส่วนบน (ST) ในขณะที่มีการลดลงของปริมาตรทรวงอกส่วนล่าง แต่ไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า หลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ ร่างกายจะเพิ่มปริมาตรการหายใจโดยมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาตรทรวงอกส่วนบนขณะหายใจเข้าและลดปริมาตรทรวงอกส่วนล่างลง ในทางตรงกันข้ามหลังการออกกำลังกายที่สภาะออกซิเจนต่ำความดันปกติ จะมีการเพิ่มปริมาตรทรวงอกขณะหายใจเข้าทุกส่วน โดยเฉพาะช่องท้องส่วนล่าง จึงอาจกล่าวได้ว่าปริมาณออกซิเจนในอากาศน่าจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบการขยายทรวงอก โดยกระตุ้นให้มีการหายใจเข้าในรูปแบบที่ดึงอากาศลงสู่ช่องท้องส่วนล่างเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทรวงอกขณะหายใจเข้า และหายใจออก (VT) (ตารางที่ 2 และ 7) พบว่า หลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ พบการเพิ่มขึ้นของปริมาตรทรวงอกทั้งผลรวมของทั้งหมด และทรวงอกส่วนบน (ST) และล่าง (IT) อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่หลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันปกติ พบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาตรทรวงอกโดยรวม และทรวงอกส่วนล่าง (IT) เท่านั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า หลังการออกกำลังกายในทั้ง 2 สภาวะ สามารถกระตุ้นให้มีการเพิ่มปริมาตรในการหายใจให้เพิ่มขึ้นได้ โดยมีการเพิ่มขึ้นในส่วนของปริมาตรทรวงอกมากกว่าในส่วนท้อง ซึ่งเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของปริมาตรการหายใจเข้าออก 1 พบว่า ปริมาตรนี้ขึ้นอยู่กับ ปริมาตรการหายใจเข้า และปริมาตรการหายใจออก ดังนั้น จากปริ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มาตรการหายใจเข้า (IC) ที่พบว่า มีการเพิ่มปริมาตรการหายใจเข้าของช่องท้องส่วนล่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะหลังออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติ จึงอาจกล่าวได้ว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคสามารถกระตุ้นให้ร่างกายเพิ่มปริมาตรการหายใจโดยรวม และบริเวณทรวงอกในทั้ง 2 สภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน

จะเห็นได้ว่าหลังออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนปกติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความจุปอดเต็มที่ ในขณะที่หลังการออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของ IT, SA, IA และ ผลรวมของทุกส่วน ซึ่งแสดงว่าปริมาณออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการตอบสนองของร่างกายโดยมีรูปแบบการทรวงอกที่เปลี่ยนแปลงไป จากงานวิจัยของ (Kenney et al., 2015) พบว่า ปริมาณออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นการหายใจ โดยเมื่อหายใจในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ จะกระตุ้นผ่าน Chemoreceptor บริเวณทางเดินหายใจซึ่งจะส่งสัญญาไปยังสมองเพื่อให้ร่างกายปรับรูปแบบการหายใจ โดยจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น มีความลึกเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มการดึงอากาศเข้าสู่ร่างกาย (Powers & Howley, 2014) แต่จากงานวิจัยนี้พบว่า นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแล้วยังพบได้ว่ารูปแบบการหายใจหลังการออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนต่ำบรรยากาศปกติจะกระตุ้นรูปแบบการหายใจให้มีการหายใจโดยดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปอดส่วนที่มีปริมาตรมากและจัดเป็นส่วนที่มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซมากกว่าปอดส่วนบน (Hamilton, 2011) และการหายใจโดยใช้กล้ามเนื้อบริเวณท้องจัดเป็นการหายใจที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กล้ามเนื้อส่วนอื่นในการหายใจ (Aliverti et al., 1997; Kenney et al., 2015)

ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาตรที่คำนวณได้ในส่วนต่างๆ หลังออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนปกติ จะพบว่า ผลรวมการหายใจของทุกส่วนไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับ 40-60%ของ HRR ซึ่งจัดเป็นระดับต่ำ (Medicine, 2013) ดังนั้นจึงอาจไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นความต้องการปริมาณออกซิเจนในกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มนี้ได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลการคำนวณปริมาตรเป็นส่วน จะพบว่าหลังการออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนปกติมีแนวโน้มของรูปแบบการหายใจที่เพิ่มปริมาตรทรวงอกส่วนบนมากกว่าการเพิ่มปริมาตรทรวงอกส่วนล่าง ในทางตรงกันข้ามหลังจากออกกำลังกายในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำบรรยากาศปกติ นอกจากพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาตรทรวงอกโดยรวมแล้ว ยังพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาตรทรวงอกส่วนล่างด้วย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่านอกจากปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศจะส่งผลให้รูปแบบการขยายทรวงอกหลังการออกกำลังกายด้วยแอโรบิกเป็นรูปแบบการหายใจที่ใช้กล้ามเนื้อส่วนท้องเพิ่มขึ้นเพื่อดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างเพิ่มขึ้นแล้ว ยังสามารถกระตุ้นการตอบสนองรูปแบบนี้ได้แม้ว่าจะเป็นการออกกำลังกายในระดับต่ำซึ่งไม่สามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาวะปกติได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงนำผลการคำนวณปริมาตรการหายใจเข้า (Inspiratory Capacity: IC) มาอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งจากผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่าการออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนปกติจะกระตุ้นการหายใจโดยเพิ่มการหายใจเข้าในส่วนของ ST หรือทรวงอกส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ บรรยากาศปกติกระตุ้นการเพิ่มปริมาตรของส่วน IA หรือช่องท่องส่วนล่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว จึงอาจสรุปได้ว่าปริมาณออกซิเจนในอากาศเป็นตัวแปรสำคัญในการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายทรวงอกหลังการออกกำลังกายนั่นเอง

สรุปผลการวิจัย

จากผลงานวิจัยดังกล่าวพบว่า ปริมาณออกซิเจน 15% ความดันบรรยากาศปกติสามารถกระตุ้นให้ร่างกายตอบสนองต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับ 40-60%ของ HRR โดยมีรูปแบบการขยายทรวงอกที่เพิ่มปริมาตรของทรวงอกส่วนล่าง (Inferior thoracic: IT) ช่องท้องส่วนบน (Superior abdomen: SA) และ ช่องท้องส่วนล่าง (Inferior abdomen: IA) ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อพิจารณาโดยเฉพาะช่วงหายใจเข้าพบว่า เมื่อออกกำลังกายแบบแอโรบิก ในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ พบว่ามีการหายใจเข้าลึกไปยังช่องท้องส่วนล่าง (IA) มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณออกซิเจนจึงเป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหายใจ การหายใจ ให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการใช้กล้ามเนื้อท้องและกล้ามเนื้อกระบังลม ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในการหายใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยนี้ ระดับปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างกันสามารถกระตุ้นให้ร่างกายตอบสนองต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ให้ร่างกายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการหายใจนำอากาศไปยังส่วนท้องได้ดีขึ้น สามารถนำมาเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการฝึกนักกีฬา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการหายใจได้

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นถึง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหายใจซึ่งได้จากการวัดโดยการใช้กล้องสามมิติ ซึ่งเป็นวิธีการที่จะทำให้สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหายใจได้แตกต่างจากวิธีการวัดตรง โดยใช้ตัวแปรคือระดับปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยมีข้อคิดเห็นว่าสามารถใช้วิธีการวัดนี้กับตัวแปรอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเรื่องเกี่ยวกับรูปแบบการหายใจต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

แวน วัณณะพันธุ์ .การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของทักษะการฟาดแบบตีลังกาของนักกีฬาเซปักตะกร้อไทย.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542.

กานดา ใจภักดี และชูศักดิ์ เวชแพศย์,วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของการกีฬา.กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล,2524.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์.ชีวกลศาสตร์การกีฬาขั้นนำ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2544.

ภาษาอังกฤษ

Aliverti, A., Cala, S., Duranti, R., Ferrigno, G., Kenyon, C., Pedotti, A., . . . Yan, S. (1997). Human respiratory muscle actions and control during exercise. *Journal of Applied Physiology, 83*(4), 1256-1269.

Bailey, D. M., & Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *British journal of sports medicine, 31*(3), 183-190.

Downey, A., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ferguson, C. S., Ranum, J., & Harms, C. A. (2005). The Effect Of Inspiratory Muscle Training On Hypoxic Exercise: 2320 Board# 109 9: 00AM–10: 30AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 37*(5), S450.

Edvinsson, L., MacKenzie, E. T., & McCulloch, J. (1992). Cerebral blood flow and metabolism.

Ferrigno, G., Carnevali, P., Aliverti, A., Molteni, F., Beulcke, G., & Pedotti, A. (1994). Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. *Journal of Applied Physiology, 77*(3), 1224-1231.

Fox, S. I. (1996). Human Physiology 9th Editon.

Hall, C. M., & Brody, L. T. (2005). *Therapeutic exercise: moving toward function*: Lippincott Williams & Wilkins.

Hamilton, N. P. (2011). *Kinesiology: scientific basis of human motion*: Brown & Benchmark.

Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of sport and exercise 6th edition*: Human kinetics.

Laitinen, H., Alopaeus, K., Heikkinen, R., Hietanen, H., Mikkelsson, L., Tikkanen, H., & Rusko, H. (1995). ACCLIMATIZATION TO LIVING IN NORMOBARIC HYPOXIA AND TRAINING IN NORMOXIA AT SEA LEVEL IN RUNNERS: 617. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 27*(5), S109.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*: Lippincott Williams & Wilkins.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

McLean, B. D., Gore, C. J., & Kemp, J. (2014). Application of 'live low-train high' for enhancing normoxic exercise performance in team sport athletes. *Sports Med, 44*(9), 1275-1287. doi:10.1007/s40279-014-0204-8

Medicine, A. C. o. S. (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*: Lippincott Williams & Wilkins.

Parker, D. L. (2004). Effect of Altitude and Acute Hypoxia on VO 2 max. *Journal of Exercise Physiology Online, 7*(3).

Powers, S. K., & Howley, E. T. (2014). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*: McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages.

Sarro, K. J., Silvatti, A. P., & Barros, R. M. (2008). Coordination between ribs motion and thoracoabdominal volumes in swimmers during respiratory maneuvers. *Journal of sports science & medicine, 7*(2), 195.

Silvatti, A. P., Sarro, K. J., Cerveri, P., Baroni, G., & Barros, R. M. (2012). A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. *J Sports Sci, 30*(14), 1551-1560. doi:10.1080/02640414.2012.713976

Silvatti, A. P., Sarro, K. J., Cerveri, P., Baroni, G., & Barros, R. M. (2012). A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. *Journal of sports sciences, 30*(14), 1551-1560.

West, J. (1990). Blood flow and metabolism. *Respiratory Physiology The Essentials, 8*.

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire :PAR-Q)

หมายเลขผู้เข้ารับการทดสอบ/ผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

อายุ.....ปี.....เดือน

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับบุคคลที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี มีคำถามทั้งสิ้น 7 ข้อ

ใช่	ไม่	กรุณาทำเครื่องหมายถูกหน้าข้อที่เกิดขึ้น
		1. แพทย์เคยพูดถึงปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวกับหัวใจ หรือเคยได้รับคำแนะนำจากแพทย์ในเรื่องดังกล่าวหรือไม่
		2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ออกกำลังกายหรือไม่
		3. ในเดือนที่ผ่านมา ท่านมีอาการเจ็บหน้าอก ขณะที่อยู่เฉยๆโดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่
		4. คุณเคยเสียการทรงตัว เพราะสาเหตุมาจากการเวียนศีรษะ หรือเคยหมดสติหรือไม่
		5. ท่านมีปัญหากระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่
		6. แพทย์เคยให้ยาที่ใช้สำหรับลดความดัน หรือยาที่เกี่ยวข้างกับการรักษาอาการโรคหัวใจหรือไม่
		7.คุณทราบเหตุผลอื่นๆที่จะทำให้คุณไม่ควรออกกำลังกายหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลในการทดสอบเมื่อ ☐ ออกซิเจนปกติ ☐ ออกซิเจนต่ำ

รหัส .....

ชีพจรขณะพัก = ...

40-60% HRR = ...

อายุ.....น้ำหนัก.....

ส่วนสูง.....ดัชนีมวลกาย (BMI).....

ผู้เข้าทดสอบทั้งสองกลุ่มวิ่งบนลู่กล โดยปรับความเร็วลู่กลสูงสุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยวิ่งจนกระทั้งรักษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจขึ้นถึงระดับ 40-60% ของชีพจรเป้าหมาย และให้ออกกำลังกายที่ระดับความหนักนั้น เป็นเวลา 15 นาที เมื่อระดับอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเกินระดับ 40-60% ของชีพจรเป้าหมาย ก็จะลดระดับความหนักของการออกกำลังกายลงให้อยู่ในระดับอัตราการเต้นของหัวใจใจที่กำหนด

Respiratory rate (RR)

	ก่อน	**หลัง**
Respiratory rate (RR)		

Chest volume

	ก่อน	**หลัง**
Total lung capacity=TLC		
Tidal volume=TV		
Vital capacity=VC		
Inspiratory capacity =IC		

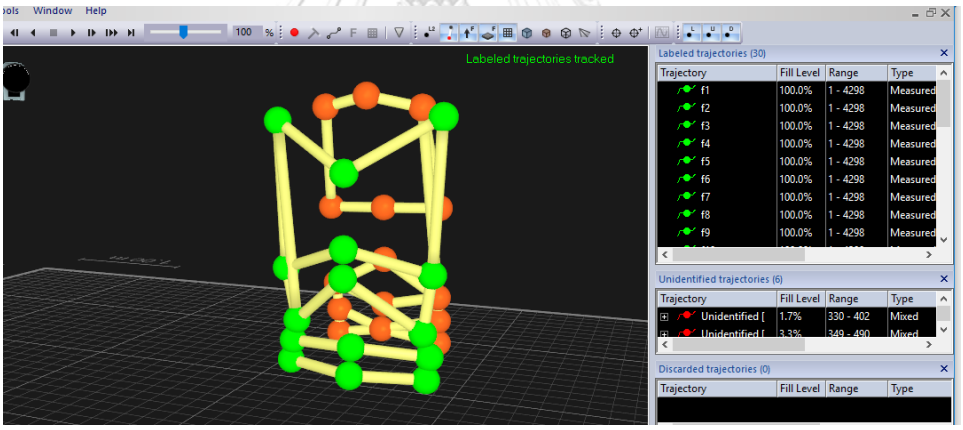
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

รูปภาพแสดงการอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อโดยเน้นที่กล้ามเนื้อมัดใหญ่ และวิ่งเบาๆเป็นเวลา 5 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง



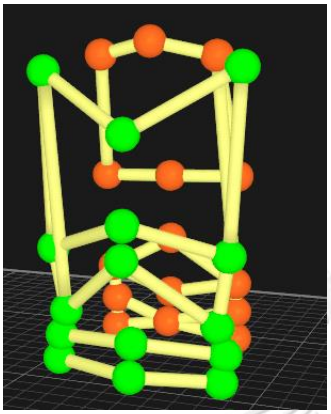
รูปภาพแสดงการนั่งและการติดMARKERทั้ง 30 จุด และรูปภาพการแสดงผลจากโปรแกรม Qualysis

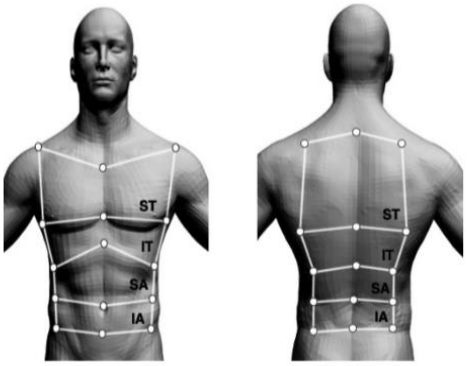
ภาคผนวก จ

รูปภาพแสดงการออกกำลังกายแบบแอโรบิกบนลู่วิ่งในห้องสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณปริมาตรทรวงอกจากรูปทรงเรขาคณิตที่ได้จากกล้อง 3 มิติ





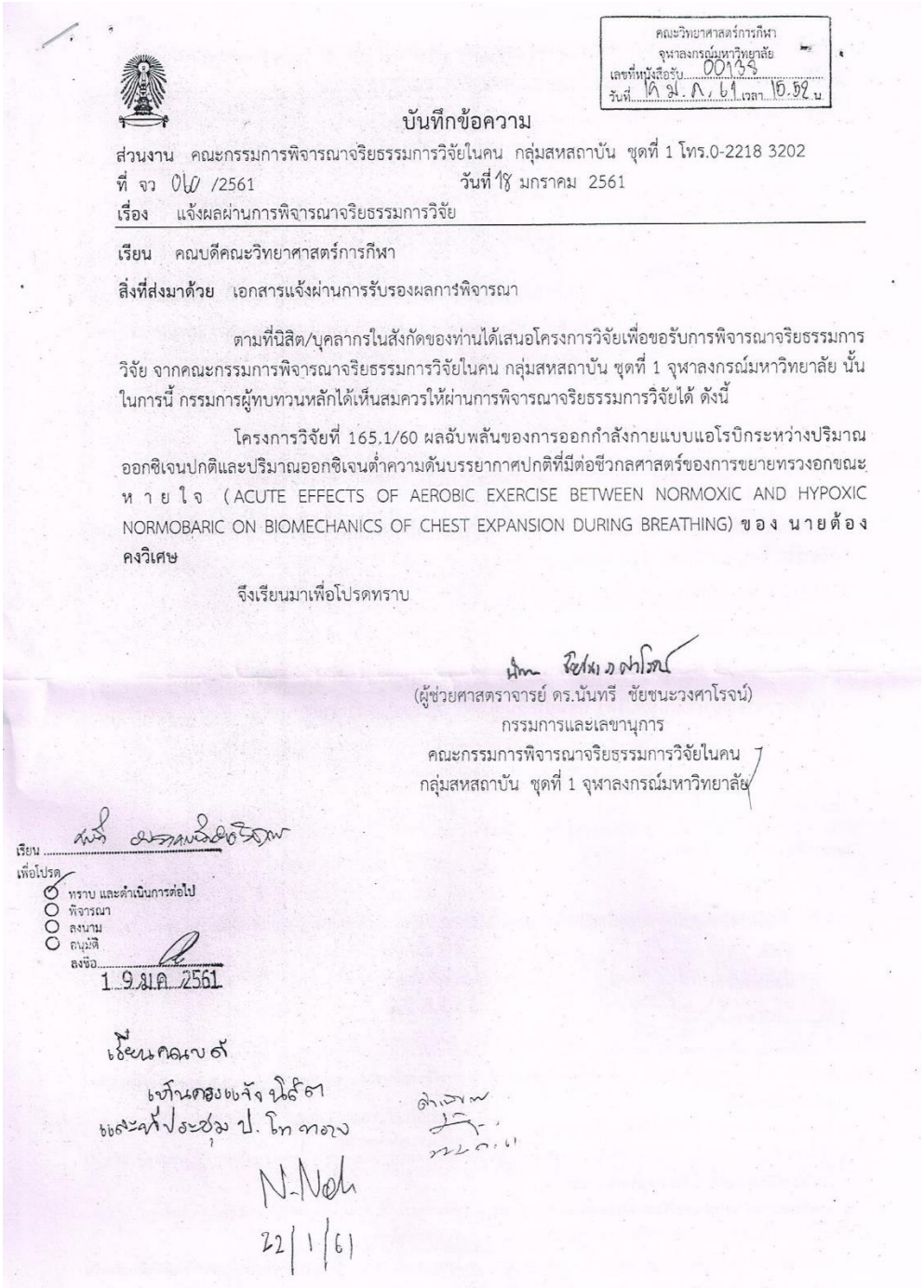
จากรูปจะเห็นได้เมื่อแบ่งปริมาตรออกเป็น 4 ส่วนแล้วแต่ละส่วนจะเป็นรูปทรงปริมาตรฐาน12เหลี่ยม

และเมื่อแบ่งครึ่งรูปทรงปริมาตรฐาน 12เหลี่ยม จะได้รูปทรงปริมาตรฐาน4เหลี่ยมจำนวน 2 ชิ้น

นำค่าที่ได้ในแต่ละด้านมาคำนวณหาปริมาตรบนพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ภาคผนวก ช

ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 00135
วันที่ 18 ม.ค. 61 เวลา 15.52 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 0W /2561 วันที่ 18 มกราคม 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

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

โครงการวิจัยที่ 165.1/60 ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ (ACUTE EFFECTS OF AEROBIC EXERCISE BETWEEN NORMOXIC AND HYPOXIC NORMOBARIC ON BIOMECHANICS OF CHEST EXPANSION DURING BREATHING) ของ นายต้องคงวิเศษ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

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

ลงชื่อ .....
19 ม.ค. 2561

เรียนคณบดี
เพื่อทราบและพิจารณา

N.Noh
22/1/61

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. 010/2561

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 165.1/60 : ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

ผู้วิจัยหลัก : นายต้อง คงวิเศษ

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 : 16 มกราคม 2561 **วันหมดอายุ** : 15 มกราคม 2562

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 165.1/60
วันที่รับรอง 16 ม.ค. 2561
วันหมดอายุ 15 ม.ค. 2562

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
2. *หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เนื่องต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 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*

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

ชื่อผู้วิจัย นายต้อง คงวิเศษ ตำแหน่ง นิสิตบัณฑิตศึกษา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย(ที่ทำงาน) ซอยเสนานิคม 1 ซอย 26 แยก 11 ถนนพหลโยธิน 32 แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

(ที่บ้าน) 55/103 ซอยรามอินทรา34 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10230

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 084-103 0320 ต่อ - โทรศัพท์ที่บ้าน -

โทรศัพท์มือถือ 084-103 0320 E-mail : aot-aeropart@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยมีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทำคือ

1.1. เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

1.2. เพื่อศึกษาผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบและสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การทำงานของระบบหายใจ โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของทรวงอกแบบ 3 มิติ จากกล้องความเร็วสูงจำนวน 7 ตัว

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

- ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เกณฑ์การคัดเข้า และเกณฑ์การคัดออก

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัยเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี สุขภาพแข็งแรง จำนวน 14 คน

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u>

1. เป็นนิสิตชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี
2. สุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรง เช่น เบาหวาน โรคปอด หรือโรคประจำตัวอื่นๆ ที่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และไม่อยู่ในภาวะการเจ็บป่วยจนไม่สามารถออกกำลังกายได้ในช่วงเก็บข้อมูล
3. ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจ จนมีโครงสร้างทรวงอกผิดปกติ ตัวอย่างเช่น ภาวะอกไก่ อกปุ่ม หรือ ทรวงอกรูปถังเบียร์ เป็นต้น
4. มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ≤ 25
5. ไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่างๆ จนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ภายใน 3 เดือน ก่อนเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
6. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงของกระดูกและกล้ามเนื้อถึงระดับเข้ารับรักษาโดยการผ่าตัด
7. รับทราบ และเซ็นยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย อย่างเต็มใจ

เอกสารโครงการวิจัย 165.1/60
รับที่รับรอง 16 ม.ค. 2561
รับรองตลอายุ 15 ม.ค. 2562

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยบอกเลิกงานการเข้าร่วมงานวิจัย
2. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถร่วมงานวิจัยได้ เช่น มีอาการป่วย เกิดอุบัติเหตุ หรือ เกิดการบาดเจ็บก่อนการทดสอบ เป็นต้น

- วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยไปเชิญชวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

ชื่อผู้วิจัย นายต้อง คงวิเศษ ตำแหน่ง นิสิตบัณฑิตศึกษา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย(ที่ทำงาน) ซอยเสนานิคม 1 ซอย 26 แยก 11 ถนนพหลโยธิน 32 แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

(ที่บ้าน) 55/103 ซอยรามอินทรา34 แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10230

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 084-103 0320 ต่อ - โทรศัพท์ที่บ้าน -

โทรศัพท์มือถือ 084-103 0320 E-mail : aot-aeropart@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยมีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทำคือ

1.1. เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

1.2. เพื่อศึกษาผลฉับพลันหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันปกติต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบและสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การทำงานของระบบหายใจ โดยใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของทรวงอกแบบ 3 มิติ จากกล้องความเร็วสูงจำนวน 7 ตัว

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

- ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เกณฑ์การคัดเข้า และเกณฑ์การคัดออก

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัยเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี สุขภาพแข็งแรง จำนวน 14 คน

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u>

1. เป็นนิสิตชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี
2. สุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรง เช่น เบาหวาน โรคปอด หรือโรคประจำตัวอื่นๆ ที่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และไม่อยู่ในภาวะการเจ็บป่วยจนไม่สามารถออกกำลังกายได้ในช่วงเก็บข้อมูล
3. ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจ จนมีโครงสร้างทรวงอกผิดปกติ ตัวอย่างเช่น ภาวะอกไก่ อกบุ๋ม หรือ ทรวงอกรูปถังเบียร์ เป็นต้น
4. มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ≤ 25
5. ไม่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่างๆ จนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ภายใน 3 เดือน ก่อนเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
6. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงของกระดูกและกล้ามเนื้อถึงระดับเข้ารับรักษาโดยการผ่าตัด
7. รับทราบ และเซ็นยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย อย่างเต็มใจ

เลขที่โครงการวิจัย 165.1/60
วันที่รับรอง 16 ม.ค. 2561
รับรองถึงวันที่ 15 ม.ค. 2562

<u>เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยบอกเลิกงานการเข้าร่วมงานวิจัย
2. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถร่วมงานวิจัยได้ เช่น มีอาการป่วย เกิดอุบัติเหตุ หรือ เกิดการบาดเจ็บก่อนการทดสอบ เป็นต้น

- วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยไปเชิญชวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะนัดให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาทำการทดสอบในวันที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสะดวกจะเข้าร่วมงานวิจัย ที่ตึกจุฬาพัฒน์ 10 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในช่วงเวลา 9.00-15.00 น. จากนั้นผู้วิจัยจัดลำดับการออกกำลังกายระหว่างออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำ บรรยากาศปกติ โดยการสุ่มอย่างง่าย (Random Sampling) โดยมีการบันทึกภาพการขยายทรวงอกก่อนและหลังการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ และสภาวะออกซิเจนต่ำกว่าปกติ ความดันปกติ ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยมีการออกกำลังกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งที่ความหนัก 40-60% โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งหลังตรงบนเก้าอี้ไม่มีพนักพิงที่จัดไว้ มือทั้ง 2 ข้างวางบนตักโดยให้แขนทั้ง 2 ข้างกางออกประมาณ 70 องศา เพื่อทำการบันทึกภาพการหายใจปกติจำนวน 5 ครั้ง และหายใจเข้าและออกเต็มที่อีก จำนวน 3 ครั้ง หลังจากบันทึกภาพการขยายทรวงอก ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเตรียมพร้อมก่อนการออกกำลังกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาทีก่อนการออกกำลังกายในแต่ละครั้ง และหลังการบันทึกภาพการขยายทรวงอกหลังการออกกำลังกายให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายเพื่อผ่อนคลายในระยะเวลา 15 นาทีโดยประมาณ โดยในแต่ละครั้งของการทดสอบจะใช้เวลาไม่เกิน 40 นาทีจะจบสิ้นกระบวนการ และหลังจากนั้นจะทำการนัดวันและเวลาในการเข้ารวมการทดสอบครั้งต่อไป โดยแต่ละครั้งของการทดสอบจะเว้นระยะเวลา อย่างน้อย 5 วัน

ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลโดยมีกล้องบันทึกภาพการขยายทรวงอกจำนวน 7 ตัว ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสและเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและข้อมูลจากการบันทึกภาพจะถูกลบจากเครื่องเก็บข้อมูลทั้งหมด

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กระบวนการเชิญผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการเชิญเข้าร่วมโครงการโดยเกณฑ์การคัดเข้าหลังจากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับคำอธิบายรายละเอียดวิธีการวิจัย และจำนวนครั้งที่ต้องมาทดสอบ ข้อดีและข้อเสียของการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยไม่มีผลต่อการเรียน จากนั้นจึงจะขอให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเซ็นยินดีเข้าร่วมโครงการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ ได้รับบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ผู้วิจัยจะแนะนำการออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพ และแนะนำการป้องกันการบาดเจ็บซ้ำตามความเหมาะสมในแต่ละบุคคล

7. .....ผู้วิจัยได้เตรียมอุปกรณ์ในการปฐมพยาบาลไว้ในกรณีที่มีเหตุการณ์ไม่คาดฝันขึ้น และเตรียมพร้อมการนำส่งโรงพยาบาลจุฬาฯ ในกรณีที่เกินความสามารถในการปฐมพยาบาลได้ทันที โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลอันเกิดจากความผิดพลาดในระหว่างการวิจัยนี้

8. ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทราบรูปแบบของการขยายทรวงอกขณะหายใจของตนเองในสภาวะปกติ และการตอบสนองจากการออกกำลังกายในปริมาณออกซิเจนที่แตกต่างกันของตนเอง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมของตนเอง

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับและไม่มีผลต่อการเรียน

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไป

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

12. ค่าชดเชยการเสียเวลา

โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับค่าชดเชยการเสียเวลาแต่ละครั้ง ครั้งละ 300 บาท รวมทั้งสิ้น 2 ครั้ง เป็นเงินรวม 600 บาท และมีบริการอาหารว่างให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกครั้งที่เข้าร่วมการทดสอบ

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 165.1/60

วันที่รับรอง 16 ม.ค. 2561

วันหมดอายุ 15 ม.ค. 2562

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า **ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้** ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกระหว่างปริมาณออกซิเจนปกติและปริมาณออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ

ชื่อผู้วิจัย นายต้อง คงวิเศษ

ที่อยู่ที่ติดต่อ ซอยเสนานิคม 1 ซอย 26 แยก 11 ถนนพหลโยธิน 32 แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 084-1030320

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

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจเข้าร่วม**ในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมการทดสอบผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เป็นจำนวน 2 ครั้ง บนลู่กลในห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ขณะปรับปริมาณออกซิเจนระดับปกติ และปริมาณออกซิเจนที่ระดับ 15% โดยการใช้ชุดกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่วมกับการติด marker จำนวน 30 จุด บนทรวงอกด้วยกาวเฉพาะสำหรับติดผิวหนัง เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์รูปแบบการหายใจ การทดสอบจะใช้ระยะเวลาครั้งละ 40 นาที โดยประมาณ และทดสอบครั้งต่อไปในอีกประมาณ 5 วัน

ข้าพเจ้า**มีสิทธิ์ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับและข้อมูลการบันทึกภาพ จะถูกลบทำลาย**หลังจากสิ้นสุดการวิจัย** 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 ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....

(นายต้อง คงวิเศษ)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 165.1/60

รับที่รับรอง 16 ม.ค. 2561

รับหมดอายุ 15 ม.ค. 2562

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

V.2.4/2558

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire : PAR-Q)

หมายเลขผู้เข้ารับการทดสอบ/ผู้เข้าร่วมการวิจัย .....

อายุ.....ปี.....เดือน

เลขที่โครงการวิจัย 165.1/60

วันที่รับรอง 16 มี.ค. 2561

วันหมดอายุ 15 มี.ค. 2562

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับบุคคลที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี มีคำถามทั้งสิ้น 7 ข้อ

ใช่	ไม่	กรุณาทำเครื่องหมายถูกหน้าข้อที่เกิดขึ้น
		1. แพทย์เคยพูดถึงปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวกับหัวใจ หรือเคยได้รับคำแนะนำจากแพทย์ในเรื่องดังกล่าวหรือไม่
		2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ออกกำลังกายหรือไม่
		3. ในเดือนที่ผ่านมา ท่านมีอาการเจ็บหน้าอก ขณะที่อยู่เฉยๆโดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่
		4. คุณเคยเสียการทรงตัว เพราะสาเหตุมาจากการเวียนศีรษะ หรือเคยหมดสติหรือไม่
		5. ท่านมีปัญหากระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่
		6. แพทย์เคยให้ยาที่ใช้สำหรับลดความดัน หรือยาที่เกี่ยวข้างกับการรักษาอาการโรคหัวใจหรือไม่
		7.คุณทราบเหตุผลอื่นๆที่จะทำให้คุณไม่ควรออกกำลังกายหรือไม่

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

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล:

นายต้อง คงวิเศษ

เกิดวันที่:

6 สิงหาคม 2530

สถานที่เกิด:

กรุงเทพฯ

ที่อยู่ปัจจุบัน:

55/103 รามอินทรา 34 แยก 20 แขวงท่าแร้ง

เขตบางบอน กรุงเทพฯ 10230

ประวัติการศึกษา:

มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสตรีวิทยา 2

ปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระดับมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University