ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MARATHON PERFORMANCE IN MIDDLE AGED RUNNERS

Mr. Akaraseth Lertsakul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน
โดย	นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อัครเศรษฐ เลิศสกุล : ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน. (EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MARATHON PERFORMANCE IN MIDDLE AGED RUNNERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งมาราธอนทั้งเพศชายและหญิง 30 คน อายุระหว่าง 35 ถึง 45 ปี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (กลุ่มใช้น้ำหนักตัว) กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (กลุ่มการจำกัดการไหลของเลือดต่ำ) และกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (กลุ่มการจำกัดการไหลของเลือดสูง) และทั้ง 3 กลุ่มได้รับการฝึกวิ่งตามโปรแกรม จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ และฝึกด้วยแรงต้านเฉพาะตามแต่ละกลุ่ม จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ได้แก่ 1) ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป; อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบและคลายตัว และองค์ประกอบของร่างกาย 2) ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ; ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ 3) ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก; ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และระดับกั้นแอนแอโรบิก และ4) ตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่ง; ระยะเวลาในการวิ่งมาราธอน และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะวิ่ง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ 3x2 (กลุ่ม x เวลา) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยใช้วิธีแอลเอสดี

ผลการวิจัย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนการฝึกและภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกทั้ง 3 กลุ่ม มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (วัดโดยความสามารถของการออกแรงสูงสุดในท่าสควอท) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น และมีระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดทั้ง 2 กลุ่มมีความทนทานของกล้ามเนื้อ (วัดโดยความสามารถในการนั่ง – ยืน) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้กลุ่มการจำกัดการไหลของเลือดสูงมีค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง, กำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาท่าเหยียด - งอเข่า ที่ความเร็ว 180°/วินาที และค่างานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังท่างอเข่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพียงกลุ่มเดียว และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่า กลุ่มการจำกัดการไหลของเลือดสูงมีระยะเวลาในการวิ่งระยะมาราธอนลดลง (14.57%) มากกว่ากลุ่มการจำกัดการไหลของเลือดต่ำ (5.80%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีแนวโน้มมากกว่ากลุ่มใช้น้ำหนักตัว (9.45%)

สรุปผลการวิจัย พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ส่งผลทำให้สมรรถภาพกล้ามเนื้อ สมรรถภาพทางแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งมาราธอนดีขึ้น โดยการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการวิ่งที่สูงกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัวและการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6178417839 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Blood flow restriction, Resistance training, Marathon performance, Marathon runner
Akaraseth Lertsakul : EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MARATHON PERFORMANCE IN MIDDLE AGED RUNNERS. Advisor: Prof. DAROONWAN SUKSOM, Ph.D.

The purpose of this study was to investigate the effects of resistance training (RT) combined with blood flow restriction (BFR) on marathon performance in middle-aged runners. Thirty male and female marathon runners (aged 35 to 45 years old) were divided into 3 groups: 1) the body-weight RT group (BwRT; n=10), 2) the high-intensity RT combined with low-pressure blood flow restriction (LowBFR; n=10), and the low-intensity RT combined with high-pressure blood flow restriction (HighBFR; n=10). All groups performed running training program for 3 days/week and each group specific RT for 2 days/week. After 12 weeks of training, the variables including 1) general physiological data; resting heart rate, systolic and diastolic blood pressure at rest, and body compositions 2) muscular function; muscle strength and endurance 3) aerobic fitness; maximum oxygen consumption (VO_2max) and anaerobic threshold (AT) 4) marathon performance; marathon running time and running economy (RE) were measured. The 3x2 (groups x times) two ways ANOVA with repeated measures followed by LSD multiple comparison were used to determine significant difference among groups and times in all variables.

The results of this study demonstrated that when compared between before and after 12 weeks of training, muscular strength (using 1RM squat test) and VO_2max increased, while marathon times decreased significantly in all three groups (all $p < .05$). Both LowBFR and HighBFR groups had significantly increased in leg muscular endurance (using sit to stand test) ($p < .05$). Only HighBFR had significantly increased in knee extension – flexion peak torque at 180°/sec., knee flexion work at 180°/sec. and RE ($p < .05$). When compared among groups, HighBFR had significantly higher percentage of changes in lower duration of the marathon time (14.57%) than LowBFR (5.8%) significantly ($p < 0.5$) and tend to be higher than BwRT (9.45%).

In conclusion, RT with body - weight, highRT combined with lowBFR and lowRT combined with highBFR trainings were effective in improving muscle function, aerobic fitness and marathon performance. LowRT combined with highBFR training appears to confer greater improvements in marathon performance than RT with body - weight and highRT combined with lowBFR trainings.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Sports and Exercise Science	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและเมตตาอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร.นภัสกร ชื่นศิริ ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และให้กำลังใจในการดำเนินการวิจัยโดยตลอดทุกขั้นตอน ผู้วิจัยขอบกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ ที่ให้เกียรติร่วมเป็นประธานกรรมการในการนำเสนอหัวข้อวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวพจน์ จัทร์เสม ที่ให้เกียรติร่วมเป็นคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ไขส่วนที่บกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการฝึกและการทดสอบของงานวิจัยและสถานที่สำหรับดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่อำนวยความสะดวกต่างๆ รวมทั้งการประสานงานในการจัดทำเอกสารสำหรับการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณนักกีฬาวิ่งมาราธอนทุกท่านที่เสียสละเวลาและให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งตลอดโครงการวิจัย ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนโครงการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนิสิตวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต นิสิตวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต และนิสิตวิทยาศาสตรบัณฑิตที่เป็นผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับนางสาวณัฏฐากมล งามปลั่ง ที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างทุ่มเททั้งแรงกายและแรงใจ ให้กำลังใจ และเป็นมิตรภาพที่ดีจนการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณครู อาจารย์ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน รวมถึงผู้ให้ความสว่างทางปัญญา ผู้มีพระคุณทุกท่าน ครอบครัวที่มีให้ทั้งแรงกาย กำลังใจและกำลังทัพย์ที่ส่งเสริมเลี้ยงดูจวบจนกระทั่งมีวันนี้ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสในการศึกษาและอนาคตที่ดีตลอดมา หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

อัครเศรษฐ เลิศสกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

คำถามในงานวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

คำจำกัดความของการวิจัย 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. การวิ่งระยะไกล 10

2. สรีรวิทยาการออกกำลังกายที่สำคัญในการวิ่งมาราธอน 11

3. การฝึกซ้อมสำหรับการวิ่งระยะไกล 23

4. การฝึกด้วยแรงต้าน 27

5. การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด 31

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38

6.1 งานวิจัยในประเทศ 38

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ 39
กรอบแนวความคิดในการวิจัย 44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 45
ประชากร 45
กลุ่มตัวอย่าง 45
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 96
สรุปผลการวิจัย 97
อภิปรายผลการวิจัย 99
สรุปผลการวิจัยในภาพรวม 105
ข้อจำกัดของงานวิจัย 106
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 106
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป 106
ภาคผนวก 107
ภาคผนวก ก 108
ภาคผนวก ข 122
ภาคผนวก ค 123
ภาคผนวก ง 124
ภาคผนวก จ 125
ภาคผนวก ฉ 128
ภาคผนวก ช 129
ภาคผนวก ซ 130
ภาคผนวก ฌ 134
ภาคผนวก ญ 145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ 148
ภาคผนวก ฏ 150
ภาคผนวก ฐ 151
ภาคผนวก ฑ 153
ภาคผนวก ณ 156
ภาคผนวก ด 158
ภาคผนวก ต 159
ภาคผนวก ถ 165
ภาคผนวก ท 166
ภาคผนวก ธ 167
ภาคผนวก น 168
ภาคผนวก บ 169
บรรณานุกรม 170
ประวัติผู้เขียน 179

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 การฝึกร่วมกันระหว่างความเร็ว – ความอดทน (Speed – endurance combinations) 15

ตารางที่ 2 ลักษณะเฉพาะของการฝึกระบบพลังงาน 16

ตารางที่ 3 แผนการฝึกวิ่งระยะมาราธอน ระยะเวลา 12 สัปดาห์ 25

ตารางที่ 4 แผนการฝึกวิ่งระยะมาราธอน ระยะเวลา 12 สัปดาห์ (ต่อ) 26

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการออกกำลังกายที่สามารถฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต 36

ตารางที่ 6 โปรแกรมการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว 58

ตารางที่ 7 แผนการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ 60

ตารางที่ 8 แผนการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 62

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (X) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ 66

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (X) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ 88

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (**X**) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่งของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ 92

Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 การเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกในแต่ละสภาวะการทำงานของกล้ามเนื้อ 13

รูปที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจและกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นระหว่างผู้ที่ได้รับการฝึกกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก 16

รูปที่ 3 ระยะเวลาในการวิ่งระยะ 10 กิโลเมตรต่ออายุ 23

รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 44

รูปที่ 5 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 47

รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 69

รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 69

รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 70

รูปที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 70

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมันในร่างกายก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 71

รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 72

รูปที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 72

รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 73

รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 79

รูปที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Flexion ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 79

รูปที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการออกแรงสูงสุด 1 ครั้งในท่าสควอท ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง..... 80

รูปที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาทีก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง..... 80

รูปที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวท่า Trunk Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 81

รูปที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบการพับข้อสะโพกค้างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างซ้ายท่า Side bridge ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 82

รูปที่ 22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างขวาท่า Side bridge ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 82

รูปที่ 23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 83

รูปที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Flexion ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 83

รูปที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง..... 90

รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 90

รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการวิ่งมาราธอนเป็นที่นิยมมากในบุคคลทั่วไป เนื่องจากการวิ่งมาราธอนส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของสุขภาพกายและใจ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคทั้งทางตรงและทางอ้อม อีกทั้งเป็นการสร้างสังคมและเครือข่ายอีกด้วย (อัจจิมา ศิริพิบูลย์ผล, 2560) จากสถิติการออกกำลังกายของประชากรไทยพบว่าประชากรไทยออกกำลังกายด้วยการวิ่งร้อยละ 21.8 ของรูปแบบการออกกำลังกายทั้งหมด (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2560) และในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการจัดแข่งขันและจัดกิจกรรมเพื่อสุขภาพด้วยการวิ่งระยะทางไกลจำนวนหลายรายการในแต่ละปี จากสถิติการจัดรายการวิ่งมาราธอน พบว่ามีการจัดรายการวิ่งมาราธอนเพิ่มขึ้นจาก 506 รายการในปีพ.ศ. 2559 เป็น 851 รายการในปี พ.ศ. 2560 และ 1,419 รายการในปี พ.ศ. 2561 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในปีต่อไป (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2562) โดยมีนักกีฬาวิ่งจำนวนหลายพันคนที่เข้าร่วมรายการวิ่งมาราธอนมากกว่า 10 รายการต่อปี การวิ่งมาราธอนจัดเป็นประเภทหนึ่งของกีฬาประเภททนทาน เป็นกีฬาที่ต้องอาศัยความทนทานของสมรรถภาพของระบบกล้ามเนื้อ ระบบพลังงาน และระบบหัวใจและหลอดเลือดเป็นพิเศษ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวในลักษณะเดิมซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานาน จึงต้องมีการใช้ร่างกายมากและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งนอกเหนือจากความแข็งแรงของร่างกายดังที่กล่าวไปแล้วนั้น การวิ่งมาราธอนยังต้องอาศัยเทคนิคของการวิ่งเพื่อให้ประสิทธิภาพในการวิ่งดีมากยิ่งขึ้น การวิ่งมาราธอนจึงเหมาะสำหรับนักกีฬาหรือนักวิ่งที่มีการเตรียมตัวหรือมีการฝึกมาโดยเฉพาะเท่านั้น

นอกจากนี้การวิ่งมาราธอนเริ่มเป็นที่สนใจมากขึ้นสำหรับกลุ่มวัยกลางคนที่ต้องการดูแลสุขภาพของตนเอง จากสถิติผู้ออกกำลังกายด้วยการวิ่งในประเทศไทย พบว่าผู้ที่ออกกำลังกายรวมไปถึงเข้าร่วมรายการวิ่งมาราธอนอย่างเป็นประจำอยู่ในช่วงอายุวัยกลางคน 6.88 ล้านคน โดยส่วนใหญ่เป็นนักกีฬาสมัครเล่น/ผู้รักสุขภาพ ถึงร้อยละ 97 (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ซึ่งนักกีฬาที่ลงแข่งขันในรายการแข่งขันวิ่งมาราธอนในประเทศไทยมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เป็นนักวิ่งระยะไกลอาชีพ ในทางกลับกันจำนวนของผู้เข้าร่วมรายการวิ่งมาราธอนที่ไม่ใช่นักกีฬาอาชีพที่เข้าร่วมการวิ่งมาราธอนกลับมีอัตราส่วนมากกว่าและมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้บริบทของการวิ่งมาราธอนถูกเปลี่ยนจากการวิ่งเพื่อแข่งขันเป็นการวิ่งมาราธอนเพื่อสุขภาพ ในส่วนของนักกีฬาอาชีพนั้นจะมีสุขภาพโดยทั่วไปที่สมบูรณ์แข็งแรง และมีการดูแลทางการแพทย์ร่วมกับการสนับสนุนโดยผู้ฝึกสอนที่มีประสบการณ์อันจะแตกต่างกับนักกีฬาสมัครเล่น (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2559) โดยนักวิ่งสมัครเล่นเมื่อเริ่มแข่งขันมัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตั้งเป้าหมายเพียงแค่ให้สามารถเข้าเส้นชัยในระยะทางการวิ่งที่ลงแข่งขัน แต่หลังจากที่มีโอกาสลงแข่งขันเป็นระยะเวลาหนึ่ง นักวิ่งหลายคนจะกำหนดเป้าหมายใหม่ที่ท้าทายความสามารถของตนด้วยการตั้งเป้าหมายให้วิ่งเข้าเส้นชัยในระยะเวลาที่ดีขึ้น จากการที่เป็นนักวิ่งวัยกลางคนและไม่ใช่นักวิ่งอาชีพจึงจำเป็นต้องมีโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับตนเองด้วย

นักวิ่งวัยกลางคน เป็นวัยที่อยู่ในระยะเปลี่ยนผ่านจากวัยผู้ใหญ่เข้าสู่วัยสูงอายุ เป็นวัยที่มีพัฒนาการทางด้านร่างกายเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อมลง ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างมากโดยเฉพาะระบบหมุนเวียนโลหิต กล้ามเนื้อ และต่อมไร้ท่อ ซึ่งส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญต่อการวิ่ง อาทิเช่น ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อ โดยสมรรถภาพเหล่านั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (Running economy) (Willy, 2019) โดยความสามารถในการวิ่งมาราธอนจะเริ่มลดลงในช่วงอายุ 35 ปีประกอบกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการวิ่งมาราธอนที่เพิ่มขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั้งอายุ 50 ปี ซึ่งการลดลงของความสามารถในการวิ่งมาราธอนนั้นเพศหญิงมีอัตราการลดลงของสมรรถถภาพการวิ่งมาราธอนที่มากกว่าเพศชายและจะแตกต่างมากยิ่งขึ้นหลังจากช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป (Tanaka et al., 2003) นักวิ่งวัยกลางคนจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาสมรรถภาพที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้สามารถคงไว้ซึ่งความสมรรถภาพในการวิ่งของตนไว้ได้

การฝึกซ้อมในนักวิ่งมาราธอนมักเน้นการฝึกซ้อมด้วยรูปแบบการซ้อมวิ่งแบบต่าง ๆ อาทิเช่น การซ้อมวิ่งด้วยความเร็วสูง การซ้อมวิ่งระยะไกล การซ้อมวิ่งแบบความเร็วสูงสลับความเร็วต่ำ (Josh Clark, 2017) ซึ่งการฝึกวิ่งรูปแบบต่าง ๆ นั้น เป็นการพัฒนาสมรรถภาพทางกายโดยเน้นที่ระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจเป็นหลัก แต่ไม่ได้พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเมื่อเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้าน ในปัจจุบันรูปแบบการออกกำลังกายที่นิยมใช้เพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักการวิ่งระยะไกลคือการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน โดยมุ่งเน้นการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพการในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (Running economy) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดขีดความสามารถในการวิ่งมาราธอนที่ต้องการพลังของกล้ามเนื้อในการเร่งความเร็วโดยที่ใช้พลังงานน้อยที่สุด ซึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งคือการระดมการทำงานร่วมกันของหน่วยยนต์ (Recruitment of motor unit) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Giovanelli, Taboga, Rejc, &Lazzer, 2017) การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจะมุ่งเน้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นหลัก ซึ่งจะช่วยให้นักวิ่งสามารถรักษาความเร็วสูงสุดในการวิ่งได้ตลอดระยะทางการแข่งขัน (Vogt & Hoppeler, 2014; Maroto-Izquierdo et al., 2017) นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านยังช่วยเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ เพิ่มการประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง เพิ่มระยะเวลาที่ทนต่อความล้า และเพิ่มความสามารถในการเร่งความเร็วในนักวิ่งมาราธอน ซึ่งหากนักวิ่งมาราธอนมีความทนทานต่อความล้าและสามารถเร่งความเร็วขณะแข่งรวมไปถึงใช้พลังงานในการวิ่ง

น้อยลงก็จะสามารถทำให้นักวิ่งมาราธอนทำเวลาในการแข่งขันได้ดีมากยิ่งขึ้น (Blagrove RC et al., 2018) ทั้งนี้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถช่วยให้นักวิ่งสามารถรักษาความเร็วสูงสุดในการวิ่งได้ระยะเวลานานยิ่งขึ้น (Vogt & Hoppeler, 2014; Maroto-Izquierdo et al., 2017) โปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนมักประกอบด้วยการฝึกด้วยแรงต้านประมาณ 1-2 วันต่อสัปดาห์ (Michelle Portalatin, 2018) และมักใช้ระดับความหนักเป็นน้ำหนักของตัวเอง (Body weight training) ในการฝึก (Chrissy Carroll, 2019) ซึ่งการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ระดับความหนักเป็นน้ำหนักของตนเองนั้น มักมีความหนักต่ำ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการฝึกก็ต่ำด้วยเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม พบว่าการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลให้การวิ่งมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องอาศัยรูปแบบหรือโปรแกรมการฝึกที่หนักสูง (Richard et al., 2017) ทำให้รูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้น้ำหนักตัวอาจจะไม่เพียงพอต่อโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอน จากหลายการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านสำหรับนักวิ่งมาราธอนที่ดีควรมีระดับความหนักที่ร้อยละ 70 ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (1-RM) และควรประกอบด้วยการฝึกด้วยแรงต้าน 2 - 4 ท่าฝึก ซึ่งควรเน้นการฝึกที่กลุ่มกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย (Lower-body) (Saunder et al., 2006; Helgerud et al., 2008; Sedano et al., 2013; T.Exell, 2017) และจากการศึกษาแบบทุติยภูมิ (Systematic review and meta-analysis of controlled trial) ของคาลอสและคณะ (Carlos balsalobre-fernandez et al., 2015) โดยวิเคราะห์ผลของการฝึกความแข็งแรงด้วยแรงต้านต่อค่าประหยัดพลังงานของการวิ่งในนักวิ่งมาราธอนพบว่า การฝึกความแข็งแรงด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักร้อยละ 70 ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (1-RM) และความล้าขณะการฝึกที่ไม่ล้าจนทำต่อไม่ไหว (Reaching failure) ด้วยความถี่ 2 – 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 – 12 สัปดาห์ สามารถเพิ่มค่าประหยัดพลังงานของการวิ่งในนักวิ่งมาราธอนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปลอดภัย จากการศึกษาการฝึกพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ส่งผลให้การวิ่งมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นล้วนแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องอาศัยรูปแบบหรือโปรแกรมการฝึกที่มีระดับความหนักสูง (Richard et al., 2017) จึงทำให้การฝึกไม่เหมาะสมต่อนักวิ่งบางกลุ่มซึ่งรวมไปถึงกลุ่มวัยกลางคนและผู้สูงอายุ ที่ทนต่อการฝึกเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพและการเสริมสร้างกล้ามเนื้อระดับเบาได้ แต่ไม่สามารถทนต่อการออกกำลังกายหรือการฝึกที่มีระดับความหนักสูงได้ ทำให้ผู้เข้าร่วมรายการวิ่งมาราธอนเพื่อสุขภาพกลุ่มดังกล่าวไม่สามารถพัฒนากล้ามเนื้อให้มีความสามารถในการวิ่งที่ดีขึ้นได้เทียบเท่ากับนักวิ่งกลุ่มที่มีอายุน้อยกว่าได้

การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด (Blood flow restriction; BFR) เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมของเซลล์ให้มีสภาวะใกล้เคียงกับการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักสูง โดยการถูกจำกัดการไหลกลับหัวใจของเลือดดำ (Venous return) ทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในภาวะออกซิเจนต่ำและมีการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติก ส่งผลให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาในกล้ามเนื้อ เช่น การหลั่งฮอร์โมน

ภาวะขาดออกซิเจน และเซลล์บวม (Jacob M, 2013) โดยปาตงและคณะ (Paton et al., 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพทางกายเชิงแอโรบิกและระยะเวลาต่อการเกิดความล้า พบว่าสมรรถภาพทางกายเชิงแอโรบิก ความเร็วสูงสุดในการวิ่ง ความทนทานต่อความล้าขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทากาดะและคณะ (Takada et al., 2012) ที่ได้ศึกษาผลของการจำกัดการไหลของเลือดร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีความหนักต่ำในนักวิ่งมาราธอนและนักวิ่งระยะสั้น โดยใช้การฝึกด้วยแรงต้านที่มีความหนักต่ำร้อยละ 20 ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด พบว่ากลุ่มนักวิ่งมาราธอนมีการพัฒนาของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen uptake) ที่ดีกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะสั้น และจากการศึกษาของคาร์ลอสและคณะ (Carlos et al., 2015) ที่ได้ศึกษาผลของการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันสูงร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักกลางในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักปานกลางร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันสูงสามารถเพิ่มความแข็งแรงและขนาดของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมิเชลและคณะ (Michael et al,. 2018) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักปานกลางร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับความหนักสูงโดยใช้การฝึกด้วยแรงต้านที่มีความหนักร้อยละ 70 ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ 1 ครั้ง (1-RM) พบว่า สามารถเพิ่มการสะสมของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสร้างพลังงาน (Metabolic stress) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากผลการศึกษาของการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยการร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด ชี้ให้เห็นว่าการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยการร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดสามารถพัฒนาประสิทธิภาพของการวิ่งมาราธอนได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้การฝึกด้วยแรงต้านที่มีความหนักสูง จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดร่วมกับการฝึกรูปแบบใช้แรงต้านทำให้ร่างกายเปลี่ยนแปลงได้แก่ สมรรถภาพเชิงแอโรบิกเพิ่มขึ้น ความเร็วสูงสุดในการวิ่งเพิ่มขึ้น ความทนทานต่อความล้าขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้น เป็นต้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ เปรียบเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ว่าจะมีผลดีกว่าหรือไม่อย่างไรต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน เนื่องจากยังไม่มีการศึกษารูปแบบการฝึกนี้กับตัวแปรความสามารถในการวิ่งมาราธอนมาก่อน และการฝึกรูปแบบนี้ยังเป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มการทนต่อความล้าของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถลดความเสี่ยงจากการเกิด

การบาดเจ็บจากการใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงในการฝึกซึ่งเหมาะสมกับวัยกลางคนที่มีข้อจำกัดด้านสมรรถภาพที่ไม่สามารถฝึกด้วยความหนักสูงได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้าน การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ สมรรถภาพแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

คำถามในงานวิจัย

การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีผลอย่างไรต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ สมรรถภาพแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง สามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อ สมรรถภาพแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคนได้

ขอบเขตของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักวิ่งมาราธอนเพศชายและเพศหญิงวัยกลางคน ที่มีอายุตั้งแต่ 35 – 45 ปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักวิ่งมาราธอนเพศชายและเพศหญิงวัยกลางคน ที่มีอายุตั้งแต่ 35 – 45 ปี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (Body weight training; BW)

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมการฝึกวิ่งระยะมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง

ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (High-intensity resistance training combined with Low pressure blood flow restriction; HRT+LBFR)

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (Low-intensity resistance training combined with high pressure blood flow restriction; LRT+ HBFR)

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรต้น คือ การฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด และโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอน

ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่
    - 1.1 อายุ (ปี)
    - 1.2 น้ำหนัก (กิโลกรัม)
    - 1.3 ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)
    - 1.4 ไขมันในร่างกาย (กิโลกรัม)
    - 1.5 มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)
    - 1.6 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)
    - 1.7 ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)
    - 1.8 ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)
2. ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้แก่
    - 2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
        - ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาที่ 60° /วินาที (นิวตัน-เมตร)
        - ความสามารถสูงสุดในการออกแรงท่าสควอท (กิโลกรัม)
    - 2.2 ความทนทานของกล้ามเนื้อขา (ครั้ง)
    - 2.3 ความทนทานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (วินาที)
    - 2.4 ความล้าของกล้ามเนื้อขา
        - เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าแรงสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)
        - ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาที่ 180° /วินาที (นิวตัน-เมตร)
        - ค่างานของกล้ามเนื้อขา (จูล)

2.5 ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (เซนติเมตร)

3. ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก ได้แก่

3.1 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

3.2 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)

3.3 ระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก (กิโลเมตร)

4. ตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่งมาราธอน ได้แก่

4.1 ระยะเวลาในการวิ่งมาราธอน (ชั่วโมง: นาที: วินาที)

4.2 ค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

3. ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูล คือ ห้องปฏิบัติการแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารจุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10 และสวนวชิรเบญจทัศ

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประมาณ 4 เดือน

คำจำกัดความของการวิจัย

การวิ่งมาราธอน (Marathon) หมายถึง กีฬาชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นการแข่งขันวิ่งระยะยาว ในระยะอย่างเป็นทางการคือ 42.195 กิโลเมตร ซึ่งเป็นการวิ่งแข่งทางเรียบบนถนน โดยนักกีฬาที่วิ่งจนครบระยะทางที่กำหนดและใช้เวลาในการแข่งขันน้อยที่สุดตั้งแต่จุดปล่อยตัวจนถึงเส้นหยุดเวลาจะเป็นผู้ชนะ

นักวิ่งวัยกลางคน (Middle aged runner) หมายถึง นักวิ่งที่มีอายุในเกณฑ์วัยกลางคนตามนิยามของจิเนส (Jignesh, 2014) โดยมีช่วงอายุระหว่าง 35 ถึง 45 ปี ที่มีการฝึกซ้อมกีฬาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการแข่งขันกีฬาวิ่งระยะไกล ในการศึกษานี้ กำหนดเป็นเพศชายและหญิง อายุระหว่าง 35 ถึง 45 ปี

การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) หมายถึง การออกกำลังกายที่ใช้น้ำหนักหรือแรงต้านสร้างแรงตึง หรือแรงกดให้กับกล้ามเนื้อลาย

การจำกัดการไหลของเลือด (Blood flow restriction) หมายถึง การควบคุมการไหลของเลือดโดยใช้อุปกรณ์ โดยมีเป้าหมายในการจำกัดการไหลของเลือดดำและแดงตามระดับความดันของการปิดกั้นหลอดโลหิตแดงอย่างสมบูรณ์ในขณะพักเฉพาะบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง (ร้อยละ 70 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง; 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่มีระดับความหนักต่ำ (ร้อยละ 40 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์

การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำ (ร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง; 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่มีระดับความหนักสูง (ร้อยละ 80 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์)

ความสามารถในการวิ่งมาราธอน (Marathon performance) หมายถึง สมรรถภาพทางกายที่ส่งผลต่อระยะเวลา ความเร็ว และประสิทธิภาพของการใช้พลังงานขณะวิ่งมาราธอน

ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (Running economy) หมายถึง ความสามารถในการวิ่งที่ใช้พลังงานต่ำที่สุดต่อการวิ่ง

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำออกซิเจนมาใช้เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก

ระดับกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) หมายถึง จุดเริ่มต้นที่มีการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานจากระบบที่ใช้ออกซิเจนไปสู่ระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมแลคเตทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกระแสเลือดและกล้ามเนื้อมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงกระทำต่อแรงต้านได้สูงสุด

ความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งต่อแรงต้านได้ซ้ำ ๆ อย่างต่อเนื่อง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงผลของการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงต่อตัวแปรทางสรีรวิทยาทั่วไป สมรรถภาพกล้ามเนื้อ สมรรถภาพทางแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การวิ่งระยะไกล
    - 1.1 นิยามและประวัติของการวิ่งระยะไกล
    - 1.2 ลักษณะของการวิ่งระยะไกล
2. สรีรวิทยาการออกกำลังกายที่สำคัญในการวิ่งมาราธอน
    - 2.1 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบไหลเวียนโลหิต
    - 2.2 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบพลังงาน
    - 2.3 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบกล้ามเนื้อ
    - 2.4 ปัจจัยด้านอายุต่อความสามารถในการวิ่งระยะไกล
3. การฝึกซ้อมสำหรับการวิ่งระยะไกล
    - 3.1 รูปแบบการฝึกวิ่งสำหรับการวิ่งระยะไกล
    - 3.2 ประเภทความเร็วในการฝึกสำหรับการวิ่งระยะไกล
    - 3.3 โปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอน
4. การฝึกด้วยแรงต้าน
    - 4.1 การปรับตัวของร่างกายต่อการฝึกด้วยแรงต้าน
    - 4.2 หลักการทั่วไปของการฝึกด้วยแรงต้าน
    - 4.3 ชนิดของการฝึกด้วยแรงต้าน
5. การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด
    - 5.1 การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด
    - 5.2 รูปแบบการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด
    - 5.3 วิธีการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 6.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การวิ่งระยะไกล

1.1 นิยามและประวัติของการวิ่งระยะไกล

1.1.1 นิยามของการวิ่งระยะไกล

การวิ่งระยะไกลในวงการกรีฑานั้นให้ความหมายว่าเป็นการวิ่งที่มีระยะทางตั้งแต่ 3,000 เมตร ขึ้นไป ซึ่งรวมไปถึงระยะทาง 10, 21, 42.195 กิโลเมตร ซึ่งบางรายการอาจมีระยะทางที่ไกลกว่านั้น เรียกว่าการวิ่งครอสครันทรี (Cross-country) โดยในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกฤดูร้อนนั้นมีการแข่งขันระยะทาง 5,000 และ 10,000 เมตรโดยจัดขึ้นที่สนามกีฬาวิ่ง และการแข่งขันวิ่งมาราธอนจะจัดขึ้นบนถนนที่ระยะ 42.195 กิโลเมตร อีกด้วย (Adam Augustyn, 2017)

1.1.2 ประวัติของการวิ่งระยะไกล

มาราธอนคือการแข่งขันวิ่งระยะยาว ในระยะอย่างเป็นทางการคือ 42.195 กิโลเมตร (26 ไมล์และ 385 หลา) โดยมักจะวิ่งแข่งกันบนถนน โดยการแข่งวิ่งนี้มีที่มาจากนายทหารชาวกรีกผู้ส่งข่าวที่ชื่อว่า ฟิดิปปิเดซ ถูกส่งตัวจากเมืองมาราธอนไปยังเมืองเอเธนส์หลังจากรบเสร็จเพื่อประกาศว่าฝ่ายตนได้ชนะการรบครั้งนี้ โดยฟิดิปปิเดสวิ่งไปตลอดทางอย่างไม่หยุดพัก และเมื่อได้ประกาศเรียบร้อยแล้ว เขาก็ล้มลงขาดใจตายในทันที ซึ่งพบว่าระยะทางที่เขาได้วิ่งไปนั้นรวมแล้วประมาณ 40 กิโลเมตร (Charlie Lovett, 1997) จากตำนานดังกล่าว ได้มีการให้ความหมายคำว่ามาราธอน แปลว่า การวิ่งในระยะทางไกลแบบไม่หยุดพัก ซึ่งก็ได้ถูกนำมาประยุกต์เข้ากับกีฬาวิ่ง และจัดการแข่งขันวิ่งแบบมาราธอน (Marathon) ในปี 1896 ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยถูกนำมาแข่งขันในโอลิมปิกเกมส์ ต่อมาในปี ค.ศ. 1908 ได้มีการจัดการแข่งขันโอลิมปิกเกมส์ขึ้นอีกครั้ง ซึ่งได้มีการบรรจุการวิ่งมาราธอนไว้ในการแข่งขันเช่นกัน โดยครั้งนี้จัดขึ้นที่กรุงลอนดอน กติกาการวิ่งยังคงเหมือนเดิมแต่เปลี่ยนเส้นทางการวิ่งใหม่ และเพิ่มระยะทางจากเดิม 40 กิโลเมตร เป็น 42.195 กิโลเมตร ซึ่งเส้นชัยจะอยู่ตรงหน้าพระพักตร์ของพระราชินีพอดี ทำให้การแข่งขันมีความยุติธรรมมากขึ้น เพราะได้เห็นผลผู้แพ้ชนะอย่างชัดเจนและแน่นอนกว่าเดิม ในประเทศไทยพบว่าได้มีการจัดการแข่งขันมาราธอนครั้งแรกในปี พ.ศ.2530 ซึ่งเป็นการแข่งขันแบบนานาชาติที่มีการเข้าร่วมแข่งขันทั้งหมด 22 ประเทศ

1.2 ลักษณะของการวิ่งระยะไกล

การวิ่งทางไกล การวิ่งบนถนนและการวิ่งข้ามประเทศ โดยทั่วไปแล้วจะมีการกำหนดเวลาการแข่งขันทั้งทางลู่วิ่งและถนน (Goodhart Benjie, 2008) ซึ่งการแข่งขันวิ่งมาราธอนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักได้แก่ การวิ่งมาราธอนบนลู่และการวิ่งมาราธอนบนถนน โดยการวิ่งมาราธอนบนลู่จะจัดขึ้นบนสนามรูปวงรีระยะทาง 400 เมตร โดยการแข่งขันโอลิมปิกในปี ค.ศ. 1912 ได้มีการเริ่มแข่งวิ่งมาราธอนบนลู่ขึ้นโดยกำหนดมาตราฐานระยะการแข่งขันเป็น 5000 เมตร และ 10,000 เมตร การแข่งขันวิ่งบนถนนทางไกลส่วนใหญ่จะแข่งขันบนถนนลาดยางหรือแอสฟอลต์

คอนกรีต โดยการแข่งวิ่งมาราธอนสามารถกำหนดให้จัดขึ้นได้หลายระยะทางแต่ที่พบมากที่สุดและเป็นที่รู้จักกันดีคือมาราธอน ฮาฟมาราธอนและ10 กิโลเมตร (Belson Ken, 2012)

2. สรีรวิทยาการออกกำลังกายที่สำคัญในการวิ่งมาราธอน

2.1 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบไหลเวียนโลหิต

ระบบไหลเวียนเลือดเกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวในร่างกายอย่างต่อเนื่อง โดยมีหน้าที่หลักคือ ช่วยขนส่งก๊าซออกซิเจนและสารอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ฮอร์โมน และระบบภูมิคุ้มกัน ระบบไหลเวียนเลือดจะประกอบไปด้วยหัวใจ (Heart) หลอดเลือดแดง (Arterial) และหลอดเลือดดำ (Venous) ซึ่งหลอดเลือดมีหน้าที่นำสารอาหารและก๊าซออกซิเจนที่ลำเลียงไปกับเลือด เพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เมื่อไปถึงเซลล์จะมีการแลกเปลี่ยนอาหารและก๊าซต่าง ๆ โดยหลอดเลือดในร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. หลอดเลือดแดง หมายถึง หลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ ซึ่งจะเป็นเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงเป็นเลือดที่มีสีแดงสด ไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย (ยกเว้นหลอดเลือดที่ไปสู่ปอด (Pulmonary artery) ซึ่งจะนำเลือดดำจากหัวใจที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงไปฟอกที่ปอด) ลักษณะของหลอดเลือดแดงประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ผนังหนาและสามารถยืดหยุ่นได้มี 3 ขนาด เรียงจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็ก คือ

1.1 เออออร์ตา (Aorta) หลอดเลือดแดงขนาดใหญ่สุด ทำหน้าที่ลำเลียงเลือดแดงที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายโค้งไปทางด้านหลัง ทอดผ่านช่องอกและช่องท้อง ขนาดใหญ่สุดมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว

1.2 อาร์เทอรี (Artery) หลอดเลือดแดงรอง ทำหน้าที่นำเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หลอดเลือดมีผนังกล้ามเนื้อหนาเพื่อให้ทนต่อแรงดันเลือด

1.3 อาร์เทอริโอ (Arteriole) หลอดเลือดแดงเล็ก ซึ่งสามารถจะขยายตัวหรือหดตัวได้เพื่อบังคับการไหลของเลือด

2. หลอดเลือดดำ (Vein) หมายถึง หลอดเลือดที่นำเลือดที่มีของเสีย และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายใช้แล้วจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา (Right atrium) เพื่อนำกลับไปฟอกที่ปอด (ยกเว้นหลอดเลือดดำปอด (Pulmonary vein) ซึ่งจะนำเลือดแดงที่ผ่านการฟอกจากปอดแล้วนำกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย) ภายในหลอดเลือดดำจะมีความดันต่ำ ถ้าหลอดเลือดดำ ฉีกขาด เลือดที่ไหลออกมาจะไหลคงที่และสม่ำเสมอ ห้ามเลือดหยุดได้ง่ายกว่าหลอดเลือดแดงฉีกขาด ลักษณะของเส้นเลือดดำ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น เช่นเดียวกับหลอดเลือดแดง แต่จะมีผนังบางกว่า และความยืดหยุ่นได้น้อย เพราะมีเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และเนื้อเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยและมีลิ้นกั้นไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

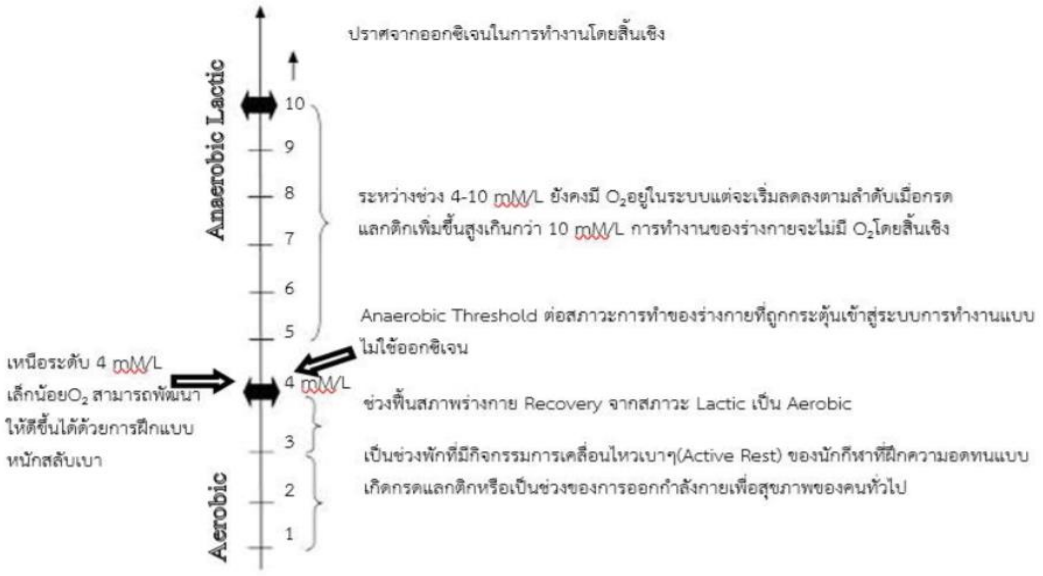
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. หลอดเลือดฝอย (Capillary) หมายถึง หลอดเลือดที่เชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดแดงขนาดเล็ก ไปยังหลอดเลือดดำขนาดเล็ก โดยจะแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง กล้ามเนื้อ สมอง และอวัยวะอื่น ๆ เส้นเลือดฝอยจะมีขนาดเล็กที่สุดในร่างกายมีทั้งเส้นเลือดแดงฝอยและเส้นเลือดดำฝอยมีเนื้อเยื่อบางมาก มีจำนวนมากเพราะเป็นส่วนที่ต้องแยกไปสู่ส่วนต่าง ๆ

การวิ่งมาราธอนเป็นการออกกำลังกายระยะยาวที่จำเป็นต้องใช้ความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตที่สูงมากกว่ากีฬาอื่น ๆ ซึ่งระบบที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมาราธอนที่สุดคือ ระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic energy transfer system) เนื่องจากการวิ่งมาราธอนเป็นการออกกำลังกายที่ใช้ความทนทานของร่างกายเป็นเวลานาน โดยอาศัยระบบพลังงานแอโรบิก มุ่งเน้นไปที่สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบไหลเวียนโลหิตมีองค์ประกอบหลักคือ เลือด หัวใจและหลอดเลือด ซึ่งหน้าที่หลักของระบบไหลเวียนโลหิตคือการสูบฉีดเลือดส่งไปทั่วร่างกาย การทำงานของหัวใจคือการทำหน้าที่เป็นตัวสูบฉีดเลือดไปยังหลอดเลือด จากนั้นหลอดเลือดนำเลือดไปยังส่วนที่แตกต่างกันทั้งหมดของร่างกายก่อนที่จะกลับไปหัวใจเพื่อเริ่มวงจรอีกครั้ง โดยเลือดมีหน้าที่นำพาออกซิเจนจากปอดส่งไปทั่วร่างกาย นอกจากนี้เลือดยังเป็นผู้รับผิดชอบในการขนส่งผลิตภัณฑ์ของเสีย เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งอวัยวะและเนื้อเยื่อทั้งหมดในร่างกายต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นในการผลิตพลังงาน หากระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพ เซลล์ของเราจะไม่สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี การออกกำลังกายแบบใช้ความทนทานมีประโยชน์ต่อสรีรวิทยาของระบบไหลเวียนโลหิตดังนี้ เพิ่มการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Endothelial function), เพิ่มการไหลของเลือดสำรองในหลอดเลือดโคโรนารี (Coronary flow reserve), เพิ่มการทนต่อภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Tolerance of myocardial ischaemia), เพิ่มความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอยที่กล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial capillary density), เพิ่มระดับของการเกิดการกระตุ้นของหัวใจห้องล่าง (Ventricular fibrillation thresholds), ลดความดันหลอดเลือดแดง (Arterial blood pressure) และลดการแข็งตัวของหลอดเลือด (Arterial stiffness) เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคทางหลอดเลือดและหัวใจ เป็นต้น

การออกกำลังกายแบบใช้ความทนทานในระยะยาวนั้นก่อให้เกิดการปรับการทำงานและโครงสร้างที่เป็นประโยชน์ต่อระบบหลอดเลือดของนักวิ่งระยะไกล รวมถึงผลในเชิงบวกต่อการแข็งตัวของหลอดเลือดแดง โดยนักวิ่งระยะไกลนี้จะมีความหนาตัวของผนังหลอดเลือดลดลง (Arterial wall thickness) ทำให้มีความต้านทานในหลอดเลือดลดลงและมีการขยายตัวของหลอดเลือด (Vasodilatation) เพิ่มขึ้น (Green DJ, 2012) การออกกำลังกายรูปแบบใช้ความทนทานที่ระดับหนักและใช้ระยะเวลานาน สามารถเพิ่มความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยสามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนที่ใช้ เพิ่มการระบายอากาศของปอด เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ เพิ่มปริมาณ

เลือดที่ออกจากหัวใจ ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น กระบวนการปรับตัวของหัวใจขณะออกกำลังกายสามารถคงอยู่ได้หลายชั่วโมง หากได้รับการฝึกในนักกีฬาความทนทานสูง การปรับตัวเหล่านี้อาจนำไปสู่การพัฒนาของหัวใจนักกีฬาโดยมีการเพิ่มขนาดขึ้นของหัวใจห้องล่างซ้ายและห้องล่างขวา เพิ่มความหนาของผนังหัวใจและมวลกล้ามเนื้อหัวใจ ปริมาณเลือดออกจากหัวใจเพิ่มขึ้นห้าถึงหกเท่า และลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 17–19 ครั้ง การพัฒนาของหัวใจนักกีฬาต้องมีการฝึกความทนทานอย่างหนัก ไม่ว่าจะเป็นในนักกีฬามือสมัครเล่น วัยกลางคนหรือวัยรุ่น



รูปที่ 1 การเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกในแต่ละสภาวะการทำงานของกล้ามเนื้อ

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์, 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความหนักของการฝึกกับอัตราการเต้นของหัวใจ

เมื่อร่างกายได้รับการฝึกหนักขึ้นหรือมีการทำงานที่สูงขึ้นร่างกายจำเป็นที่ต้องปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกเหล่านั้น ซึ่งการเพิ่มระดับความหนักในการฝึกก็เป็นหนึ่งในปัจจัยภายนอกที่เข้ามากระตุ้นให้ร่างกายตอบสนองด้วยการปรับตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งหัวใจก็ตอบสนองให้ทำงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อส่งเลือดไปตามอวัยวะเป้าหมายเพิ่มขึ้นตามความต้องการ โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันจนกระทั่งความหนักถูกปรับไปจนเกือบสูงสุด หรือประมาณร้อยละ 85-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สำหรับการฝึกระบบพลังงานเอทีพีซีพี (ATP-CP) เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของนักกีฬาค่อนข้างสูงคือ ประมาณ 85 -100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ส่วนการฝึกเพื่อพัฒนาระบบแอโรบิก (Aerobic) จะมีความหนักอยู่ในระดับปานกลาง ที่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดร้อยละ 60-80 ของอัตราการเต้น

สูงสุดของหัวใจ (Larry et al., 2015) ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงสภาวะดังกล่าวนี้อาจจะใช้เป็นข้อสังเกตหรือตัวบ่งชี้ว่าการทำงานของร่างกายเริ่มเข้าสู่สภาวะการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือเข้าสู่ระดับกั้นแอโรบิก

2.2 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบพลังงาน

การควบคุมสมดุลพลังงาน คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานซึ่งเป็นข้อสำคัญในการวิ่งมาราธอน เนื่องจากมีความต้องการในการใช้พลังงานสูง ปัญหาสำคัญเกี่ยวกับใช้ในการวิ่งมาราธอนคือพลังงานไม่เพียงพอ (Thompson et al., 1982; Stuempfle et al., 2011) ในการวิ่งมาราธอน 24 ชั่วโมง ผู้วิ่งสามารถรักษาความเร็วได้ในการวิ่ง 6 ชั่วโมงแรกเท่านั้น หลังจากนั้นนักวิ่งมาราธอนจะชะลอความเร็วลงอย่างต่อเนื่อง (Gimenez et al., 2013)

ระดับการกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) หมายถึง จุดเริ่มต้นที่มีการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานจากระบบที่ใช้ออกซิเจนไปสู่ระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดการสะสมแลคเตทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกระแสเลือดและกล้ามเนื้อ มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง สภาวะดังกล่าวนี้เรียกว่าจุดเริ่มล้าซึ่งในบุคคลทั่วไปที่ได้รับการฝึกจุดเริ่มล้า (Lactate threshold) จะเกิดขึ้นที่ประมาณร้อยละ 50 – 60 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Cerretelli, et al. 1975; Stone, et al. 2007; Joyner & Coyle, 2008; Larry, et al., 2015) ขณะที่นักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีจุดเริ่มล้า จะเกิดขึ้นที่ประมาณร้อยละ 70 หรือ 80 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Larry et al., 2015) หรือประมาณร้อยละ 75 – 90 ของความสามารถในการออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Joyner & Coyle, 2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายที่นักกีฬาสามารถนำมาใช้ในระหว่างการฝึกซ้อมหรือแข่งขัน เป็นสิ่งที่สามารถนำมาใช้ทำนายความสามารถของนักกีฬาได้แม่นยำกว่าวิธีอื่น (Bompa & Haff, 2009) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายนักกีฬาแต่ละคนโดยรวมจะถูกจำกัดโดยจุดเริ่มล้า และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Coyle, 1995; Bentley et al., 2007) ดังนั้นระดับการกั้นแอนแอโรบิก เป็นสภาวะร่างกายที่แสดงให้เห็นถึงระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ร่างกายไม่สามารถนำออกซิเจนไปใช้เป็นพลังงานได้อย่างเพียงพออีกต่อไป ร่างกายจึงเริ่มใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น เพื่อรักษาความหนักของการออกกำลังกายหรือระดับความสามารถของร่างกายในการปฏิบัติทักษะและการเคลื่อนไหวให้คงไว้

ซึ่งโปรแกรมการฝึกซ้อมที่ใช้ความเร็วระดับร้อยละ 85 – 90 ของอัตราการเต้นชีพจรสูงสุดจะทำให้เกิดแลคเตทเกิดขึ้นในร่างกายประมาณ 4 – 6 มิลลิโมล/ลิตร (Bompa, 1999; Bompa & Buzzichelli, 2015) ยิ่งอัตราการเต้นของชีพจรเพิ่มสูงขึ้นมากเท่าใด ระบบการทำงานของร่างกาย

แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic System) ยิ่งมีความโดดเด่นมากยิ่งขึ้นเท่านั้น และยิ่งอัตราการเต้นของชีพจรต่ำลงมากเท่าใด ระบบการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic system) ยิ่งมีบทบาทสำคัญสูงมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในระดับความหนักเดียวกัน นักกีฬาที่มีอาการเหนื่อยช้ากว่าและหายเหนื่อยได้เร็วกว่าย่อมแสดงถึงความมีสมรรถภาพทางกายที่ดีกว่า

ตารางที่ 1 การฝึกร่วมกันระหว่างความเร็ว – ความอดทน (Speed – endurance combinations)

การฝึก (Training)	**กระบวนการเผาผลาญ (Metabolism)**	**ระยะเวลาในการฝึกแต่ละครั้ง**	**ความเข้มข้นของแลคเตท**	**ร้อยละอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด**
การฝึกความอดทนต่อแลคเตท (LATT)	Lactic Capacity	30 – 60 วินาที	12 – 20 mmol.	ร้อยละ 95 - 100
การฝึกใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2maxT)	Aerobic Power	1 – 6 นาที	6 – 12 mmol.	ร้อยละ 95 - 100
การฝึกระดับกั้นแอนแอโรบิก Anaerobic Threshold (AnTT)	Aerobic Power and Capacity	1 – 8 นาที	4 – 6 mmol.	ร้อยละ 85 - 90
การฝึกระดับกั้นแอนแอโรบิก Aerobic Threshold (ATT)	Aerobic Capacity	10 – 120 นาที	2 – 3 mmol.	ร้อยละ 70 - 75

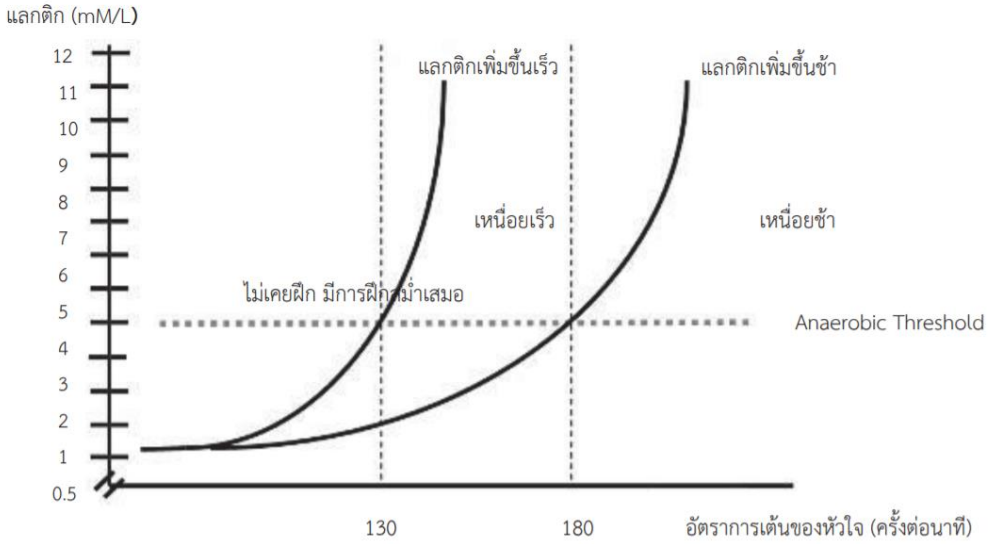
ที่มา: Bompa & Buzziechilli, 2015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 ลักษณะเฉพาะของการฝึกระบบพลังงาน

ระดับความหนัก	ประเภทของการฝึก	ระยะเวลาที่ใช้ฝึกแต่ละครั้ง	จำนวนครั้งที่ปฏิบัติ	อัตราส่วนของเวลาพัก	รูปแบบการฝึก		ร้อยละของความหนักสูงสุด
					เซต	หลายเซต	
1	Alactic System	1 – 8 วินาที	6 – 12 ครั้ง	1:50 – 1:100	√	√	ร้อยละ 95 - 100
2	Lactic System (Power-Short)	3 – 10 วินาที	10 – 20 ครั้ง	1:5 – 1:20	√	√	ร้อยละ 95 - 100
	Lactic System (Power-Long)	10 – 20 วินาที	1 – 3 ครั้ง	1:40 – 1:130	√	-	ร้อยละ 95 - 100
	Lactic System (Capacity)	20 – 60 วินาที	2 – 10 ครั้ง	1:4 – 1:24	√	√	ร้อยละ 80 - 90
3	การใช้ออกซิเจนสูงสุด	1 – 6 นาที	8 – 25 ครั้ง	1:1 – 1:4	6 – 12 mmol.	ร้อยละ 98 – 100	ร้อยละ 95 - 100
4	การฝึก Anaerobic Threshold	1 – 10 นาที	3 – 40 ครั้ง	1:0.3 – 1:1	4 – 6 mmol.	ร้อยละ 85 - 95	ร้อยละ 80 - 90
5	การฝึก Aerobic Threshold	10 – 120 นาที	ปฏิบัติต่อเนื่องคงที่	2 – 3 mmol.	ร้อยละ 75 – 80	ร้อยละ 60 - 70	
6	Aerobic Compression	5 – 30 นาที	ปฏิบัติต่อเนื่องคงที่	2 – 3 mmol.	ร้อยละ 55 - 75	ร้อยละ 45 - 60	

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์, 2557



รูปที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจและกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นระหว่างผู้ที่ได้รับการฝึกกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์, 2557

2.3 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบกล้ามเนื้อ

การวิ่งมาราธอนมีอิทธิพลอย่างมากต่อระบบกล้ามเนื้อ (Kim et al., 2007) โดยการวิ่งที่มีความชันจะทำให้เกิดความเสียหายของกล้ามเนื้อมากที่สุดในระหว่างการวิ่ง (Koller et al., 1998) ซึ่งการวิ่งระยะมากกว่า 330 กิโลเมตรพร้อมกับเพิ่มระดับความสูงมากกว่า 24,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลจะนำไปสู่ปฏิกิริยาการอักเสบและอาการบวมของกล้ามเนื้อต้นขา (Andonian et al., 2016) ในการศึกษาการวิ่งมาราธอน ได้ใช้ตัวแปรทางชีวภาพหลายอย่างเพื่อประเมินความเสียหายของกล้ามเนื้อโครงร่าง ความเสียหายของกล้ามเนื้อโครงร่างสามารถพบเจอได้ในเมตาโบไลต์ของเซลล์กล้ามเนื้อโดยมีสารที่พบในเลือด เช่น ไมโอโกลบิน (Myoglobin) (Bird et al., 2014; Jastrzebski et al., 2016), แลคเตท ดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase) (Noakes and Carter, 1982; Bird et al, 2014; Shin et al., 2014; Jastrz ebski et al., 2015) และครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase) (Kanter et al., 1986; Suzuki, 2002; Chiu et al., 2013; Jee et al., 2013; Bird et al., 2014) ครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase) เป็นเอนไซม์กล้ามเนื้อที่แสดงความเสียหายของกล้ามเนื้อ การวิ่งมาราธอนบนภูเขาสามารถนำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase) (Noakes et al., 1983; Frey et al., 1994) และความรุนแรงของความเสียหายต่อกล้ามเนื้อจะวัดได้จากปริมาณของครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase) ประมาณ 1 ชั่วโมงหลังจากเสร็จสิ้นการวิ่งมาราธอน (Carmona et al., 2015) แต่อาจจะสูงที่สุดที่ 36-72 ชั่วโมงหลังจากการแข่งขัน (Bird et al., 2014) การเพิ่มขึ้นของครีเอทีน ไคเนส (Creatine kinase) จะเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นของการแข่งขัน (Noakes and Carter, 1982; Kim et al., 2007, 2009) นักกีฬาส่วนใหญ่ที่มีระดับครีเอทีนอไคเนสสูงอย่างมีนัยสำคัญนั้นไม่มีอาการแสดงและไม่ต้องการการรักษาทางการแพทย์ (Magrini et al., 2017) ความเสียหายของกล้ามเนื้อโครงร่างจะแสดงให้เห็นจากการจำกัดการทำงานของกล้ามเนื้อหลังจากการวิ่งมาราธอน (Davies and Thompson, 1986) ความเสียหายของกล้ามเนื้อจะนำไปสู่การลดลงของมวลกล้ามเนื้อ มีงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าการวิ่งมาราธอนนำไปสู่การลดลงของมวลกล้ามเนื้อโครงร่าง (Knechtle et al., 2011, 2012) เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลกล้ามเนื้อโครงร่างกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสันนิษฐานได้ว่าการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังการแข่งขันมีสาเหตุมาจากการลดลงของมวลกล้ามเนื้อโครงร่าง (Khodaee et al., 2015; Scheer และ Murray, 2015)

กล้ามเนื้อทำหน้าที่สำคัญคือการหดตัว ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ที่มีกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบเกิดการเคลื่อนไหวและก่อให้เกิดงานขึ้น กล้ามเนื้อเป็นตัวเปลี่ยนรูปพลังงานชีวภาพ ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานที่เก็บในรูปของสารเคมีไปเป็นพลังงานกล กล้ามเนื้อในร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ กล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบในร่างกายคนปกติจะมี

กล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวทั้งหมด โดยเป็นกล้ามเนื้อโครงร่างร้อยละ 40 และอีกร้อยละ 10 เป็นกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ (วัฒนา วัฒนาภและคณะ, 2547)

ชนิดของกล้ามเนื้อโครงร่าง

ใยกล้ามเนื้อสามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางสรีรวิทยาและชีวเคมีออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ใยกล้ามเนื้อชนิดหัวตัวช้า (Type I) และชนิดหดตัวเร็ว (Type IIa,IIb) ในแต่ละหน่วยยนต์จะมีใยกล้ามเนื้อชนิดเดียวกันหมด ใยกล้ามเนื้อหดตัวช้าจะมีเอนไซม์ในการบวนการออกซิเดชั่นปริมาณสูง จึงเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ใช้ออกซิเจน ขณะที่ใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็วชนิดบี จะมีเอนไซม์ในการสลายไกลโคเจนปริมาณสูงและสัมพันธ์กับการทำงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนในกล้ามเนื้อหดตัวเร็วชนิดเอ มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างใยกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิดนี้ ปริมาณของใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ จะแสดงถึงศักยภาพในการทำงาน ชนิดที่ต้องการพลังหรือความทนทาน ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะเหมาะกับการทำงานที่ต้องการใช้พลัง (การใช้แรงมากในเวลาที่จำกัด) ส่วนใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะเหมาะกับการทำงานที่ต้องการความทนทาน สัดส่วนของใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม และส่วนหนึ่งอาจขึ้นอยู่กับโปรแกรมฝึกจำเพาะที่ได้รับความแตกต่างของใยกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม, 2537)

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง

การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างในร่างกายว่าโดยปกติจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทยนต์ โดยที่มอเตอร์แอเรีย (Motor area) ในสมองจะส่งพลังประสาทมาตามเส้นประสาทในระบบส่วนกลาง ซึ่งถูกถ่ายทอดต่อไปยังระบบประสาทส่วนปลาย และไปยังระบบกล้ามเนื้อโดยผ่านทางหน่วยประสาทยนต์ (Motor unit) ซึ่งถือเป็นหน่วยย่อยที่สุดของระบบกล้ามเนื้อที่สามารถทำงานได้ หน่วยประสาทยนต์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทยนต์ (Motor neuron) 1 เซลล์ และเส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใยที่ถูกเลี้ยงโดยนิวรอนนั้นจะตอบสนองโดยการหดตัวทั้งหมด (ดรุณวรรณ จักรพันธุ์, 2544)

กล้ามเนื้อโครงร่างถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาท ซึ่งแพร่กระจายตามเส้นประสาทผ่านทางนิวโรมัสคูล่าร์ จังชั่น (Neuromuscular junction) หรือมอเตอร์เอนเพลท (Motor end plate) ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเหนี่ยวนำทำให้เกิด เอนเพลท โพเทนเชียล (End plate potential) แอคชั่น โพเทนเชียล (Action potential) จะแพร่กระจายเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อเข้าไปในเซลล์โดยทาง ที-ทิวบู (T-tubule) ทำให้แคลเซียมหลั่งออกจาก ซาร์โคพลาสมิค เรดิคิวลัม (Sacoplasmic reticulum: SR) เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานกล และพลังงานความร้อนภายในไมโอฟิลาเมนต์ (Myofilament) ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของเซลล์กล้ามเนื้อ มีผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว (Muscle contraction) ในที่สุด

ขบวนการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดเป็นขั้นตอนติดต่อกันและเกิดขึ้นวนเวียนกันไปเรื่อย ๆ เรียกว่า กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Cross bridge cycle) ในแต่ละวงจรจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างไมโอซินและแอคติน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เป็นระยะพัก แอคตินและไมโอซินเป็นอิสระต่อกันเนื่องจากอิทธิพลของเรคกูลาโทรีโปรตีน (Regulatory protein) และไม่มีแคลเซียมเป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอคตินและไมโอซิน

ขั้นที่ 2 เมื่อแคลเซียมภายในเซลล์สูงขึ้นจะเกิดครอสบริดจ์ (Cross bridge) ระหว่างแอคตินและไมโอซิน พลังงานที่สะสมไว้ในโมเลกุลของไมโอซินถูกปล่อยออกมาใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ขั้นที่ 3 กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ในขั้นนี้หัวของไมโอซินยังคงเกาะกับแอคติน เรียกการรวมตัวขณะนี้ว่าเป็น ไรเกอร์ คอมเพล็กซ์ (Rigor complex)

ขั้นที่ 4 หัวของไมโอซินรวมตัวกับแอทีพี (ATP) 1 โมเลกุลทำให้หัวของไอโอซินหลุดออกมาจากแอคติน จากนั้นมีการสลายตัวของเอทีพี ได้เป็น เอดีพีพีไอ (ADP Pi) และพลังงานซึ่งสะสมไว้ในโมเลกุลของไมโอซิน ขั้นนี้กล้ามเนื้อมีการคลายตัว และวงจรย้อนกลับไปขั้นที่ 1

ในแต่ละกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีการสลายตัวของแอทีพีเพียง 1 โมเลกุล พลังงานที่เกิดขึ้นถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของส่วนหัวของไมโอซิน ในการเกิดกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟิลาเมนต์ไปได้ 10 นาโนเมตร และแรงที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการเกิดกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อนี้จะเกิดวนเวียนติดต่อกันไปเรื่อย ๆ หลายล้านครั้ง เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวและเกิดแรงขึ้น

การระดมการทำงานของหน่วยยนต์

หน่วยยนต์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ระบบการเคลื่อนไหวจะทำงานได้ โดยหดน่วยยนต์หนึ่งหน่วยประกอบด้วย ประสาทยนต์ 1 ใย พร้อมทั้งจำนวนใยกล้ามเนื้อที่ประสาทนี้ไปเลี้ยง การหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่างอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งสั่งงานออกมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้าจากระบบประสาทส่วนกลาง ดังนั้นเมื่อมีคำสั่งส่งมาจากเซลล์ประสาทจะทำให้ใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์นั้นๆ เกิดการหดตัวพร้อมกันทั้งกลุ่ม ลักษณะของสัญญาณโดยเฉพาะความถี่จากเซลล์ประสาทยนต์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของกล้ามเนื้อโดยออกฤทธิ์ที่ยีน เช่น เซลล์ประสาทยนต์ที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะเป็นชนิดนั้น ๆ เหมือนกันหมด แต่เนื่องจากกล้ามเนื้อแต่ละมัดของร่างกายจะประกอบขึ้นด้วยหน่วยยนต์จำนวนมากและแต่ละหน่วยยนต์มีคุณสมบัติต่างกัน ดังนั้นในกล้ามเนื้อโครงร่างแตต่ละแห่งจะมีทั้งเส้นใยที่หดตัวได้เร็วและหดตัวได้ช้าอยู่ปะปนกัน (Heterogenous) ซึ่งคุณสมบิติของกล้ามเนื้อมัดนั้นจะเป็นอย่างไร ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์กล้ามเนื้อส่วนใหญ่ว่าเป็นชนิดใด คุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อประสาทยนต์และเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์แต่ละชนิดแตกต่างกัน

ในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า เซลล์ประสาทสั่งการจะมีขนาดเล็ก มีระดับกั้นต่ำถูกกระตุ้นโดยง่าย ส่วนในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั้นเซลล์ประสาทสั่งการมีขนาดใหญ่ มีระดับกั้นสูง ถูกกระตุ้นยากโดยเฉพาะชนิดหดตัวเร็วบี ถูกกระตุ้นยากที่สุด ดังนั้นเมื่อทำงานหนักขึ้นหน่วยยนต์ที่จะมาช่วยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าคือชนิดหดตัวเร็วเอ เมื่อแรงกระตุ้นสูงขึ้นถึงอีกระดับหนึ่งจะถึงระดับกั้นของชนิดหดเร็วบี หน่วยยนต์เส้นใยกลุ่มนี้จึงถูกระดมให้ออกมาทำงาน การพัฒนาความสามารถในการระดมความพร้อมเพรียงในการทำงานของหน่วยยนต์นี้จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการฝึกฝนในนักกีฬา อย่างไรก็ดี ยังพบว่าในกล้ามเนื้อมัดเดียวกัน ก็ยังมีกล้ามเนื้อแตกต่างกันไปด้วย แต่อาจกล่าวได้ว่านักกีฬาที่ต้องอาศัยความอดทน มีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ส่วนนักกีฬาที่ไม่ต้องการความอดทน จะมีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า (ดรุณวรรณ จักรพันธุ์, 2544)

2.4 ปัจจัยด้านอายุต่อความสามารถในการวิ่งระยะไกล

2.4.1 การจำแนกช่วงอายุของนักวิ่งมาราธอน

การจำแนกช่วงอายุของนักกีฬาสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มตามการศึกษาของอรัวโจและคณะ (Araújo et al., 2016) ได้แก่

1. นักกีฬาเยาวชน (Young athletes) คือ นักกีฬาที่มีช่วงอายุระหว่าง 12–17 ปี
2. นักกีฬารุ่นทั่วไป (Adult athletes) คือ นักกีฬาที่มีช่วงอายุระหว่าง 18–35 ปี
3. นักกีฬารุ่นอาวุโส (Master athletes) คือ นักกีฬาที่มีช่วงอายุระหว่าง 35–60 ปี

สำหรับการแข่งขันวิ่งมาราธอนจะมีการกำหนดกลุ่มผู้เข้าร่วมการแข่งขันตามอายุเนื่องจากปัจจัยด้านอายุที่สูงขึ้น ส่งผลโดยตรงตามธรรมชาติต่อสรีรวิทยาและจิตวิทยาของนักวิ่งมาราธอน โดยมีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มอายุ (Tweedy and Vanlandewijck, 2011; Tweedy et al., 2014) ซึ่งความแตกต่างของกลุ่มอายุนั้นสามารถส่งผลต่อสมรรถภาพทางการวิ่งและระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนอย่างมีนัยสำคัญ (Helsen et al., 2005; Medic et al., 2007) ในการวิ่งมาราธอนนั้นสามารถจำแนกกลุ่มอายุได้โดยแบ่งกลุ่มตามช่วงอายุทุก 5 ปีตั้งแต่อายุ 20 ปีจนถึง 69 ปี อีกทั้งการจำแนกช่วงอายุยังสามารถช่วยลดความได้เปรียบทางสรีรวิทยาและจิตวิทยาต่อผู้เข้าร่วมการแข่งขันวิ่งมาราธอนได้ (Mark J. Connick et al., 2015) โดยระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งช่วงอายุ 25 -29 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ร่างกายมีสมรรถภาพทางการวิ่งสูงที่สุด (Lara et al., 2014) ในกลุ่มนักวิ่งมาราธอนที่มีอายุมากกว่า 35 ปี (นักกีฬาอาวุโส) พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการแข่งขันวิ่งมาราธอนซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับสมรรถภาพทางการวิ่งที่มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง (Curvilinear relationship) แต่ประเทศไทยนิยมจำแนกช่วงอายุในรายการวิ่งมาราธอนออกเป็นทุก 10 ปี โดยเริ่มที่ 18 ปีจนถึงอายุมากกว่า 60 ปีดังนี้

1. ช่วงอายุ 18 – 29 ปี
2. ช่วงอายุ 30 – 39 ปี
3. ช่วงอายุ 40 – 49 ปี
4. ช่วงอายุ 50 – 59 ปี
5. ช่วงอายุมากกว่า 59 ปี

2.4.2 ปัจจัยด้านอายุที่ส่งผลต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอน

1. การทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle function)

จากการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างต่อปัจจัยด้านอายุของคอกแกนและคณะ (Coggan et al., 1990) พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น โดยมีลักษณะความสัมพันธ์แบบเส้นโค้ง (Curvilinear relationship) แต่แปรผันตรงตามการใช้งานในชีวิตประจำวัน ซึ่งการศึกษาของเล็กซ์เซลล์และคณะ (Lexell et al., 1988) พบว่าในช่วงอายุ 20 ปี ถึง 80 ปี มวลกล้ามเนื้อโครงร่างเกิดการลดลงเฉลี่ยร้อยละ 40 โดยช่วงอายุที่มีมวลกล้ามเนื้อโครงร่างมากที่สุดคือ 20 – 25 ปี อีกทั้งพบว่าตั้งแต่ช่วงอายุ 25 ถึง 50 ปี มีการลดลงของมวลกล้ามเนื้อโครงร่างร้อยละ 10 จากการวิเคราะห์ด้วยการการผ่าตัดเพื่อการวินิจฉัย (Biopsy) พบว่าจากเพิ่มขึ้นของอายุส่งผลให้ร่างกายเกิดการสูญเสียกล้ามเนื้อโครงร่างทั้งชนิดที่ 1 หดตัวช้า (Slow oxidative or slow-twitch fibres) และชนิดที่ 2 หดตัวเร็ว (Fast oxidative or fast-twitch) เกิดการสูญเสียกล้ามเนื้อโครงร่างชนิดที่ 2 มากกว่าชนิดที่ 1 ซึ่งจากการศึกษาของคอกแกนและคณะ (Coggan et al., 1992) พบว่าการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านระดับความหนักสูงเพื่อฝึกความแข็งแรง (High intensity strength training) ในผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60 – 75 ปีสามารถเพิ่มกล้ามเนื้อโครงร่างชนิดที่ 2 ได้ อีกทั้งพบว่านักวิ่งอาวุโสมีสัดส่วนชนิดของกล้ามเนื้อโครงร่างใกล้เคียงกับนักวิ่งเยาวชนแต่มีร้อยละของกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 น้อยกว่านักวิ่งเยาวชน

2. การทำงานของหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular function)

จากการศึกษาของคาช (Kasch F, 1998) พบว่าเมื่ออายุมากขึ้นจะส่งผลให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตมีประสิทธิภาพลดลง โดยปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละนาที (Cardiac output) ลดลงร่วมกับการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate) ส่งผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) (Kohrt WM., 1991) อีกทั้งพบว่านักกีฬาอาวุโสมีความดันโลหิตที่สูงกว่านักกีฬาเยาวชน (Kasch F, 1998) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate) ที่ลดลง มาจากการทำงานของหัวใจที่ระยะเวลาช่วงการหดตัวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเบต้าไมโอซิน (β-myosin) หดตัวช้าลงร่วมกับระยะเวลาช่วงคลายตัวที่เพิ่มขึ้นจากการลดลงของการดูดกลับแคลเซียมที่เอนโดพลาสมิกเรติคูลั่ม (Sarcoplasmic reticulum calcium ATPase; SERCA) จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่มีการ

ฝึกซ้อมและแข่งขันอย่างต่อเนื่องกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกตลอดระยะเวลา 22 ปี พบว่านักวิ่งระยะไกลที่มีการฝึกซ้อมและแข่งขันอย่างต่อเนื่องมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดลดลงเฉลี่ย 11 ครั้งต่อนาที (Trappe et al., 1996)

3. ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum aerobic capacity)

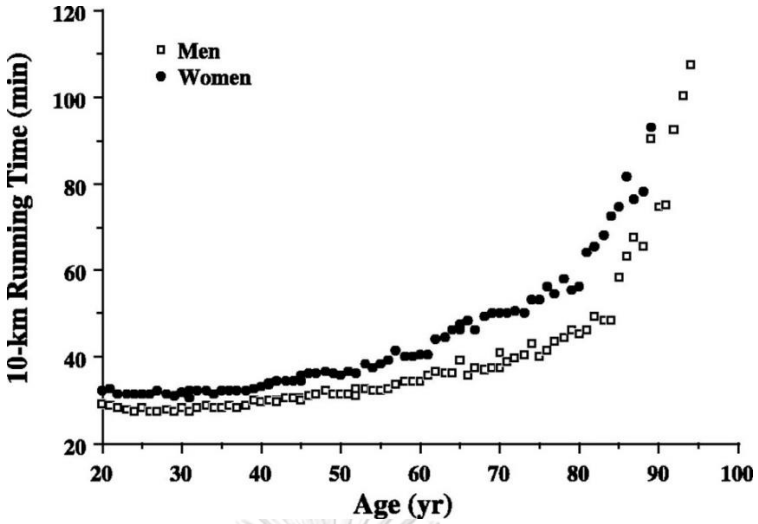
ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในการวิ่งของนักวิ่งมาราธอน เมื่อหลังจากอายุ 25 ปี ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจะลดลงเฉลี่ยร้อยละ 10 ต่อทศวรรษในบุคคลเนือยนิ่ง แต่พบว่านักวิ่งระยะไกลที่ได้รับการฝึกอย่างต่อเนื่องจะมีความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ลดลงน้อยกว่าบุคคลเนือยนิ่งร้อยละ 50 (Kasch et al, 1988; Pollock et al., 1999)

4. จุดเริ่มล้า (Lactate threshold)

จากการศึกษาของคอกแกนและคณะ (Coggan et al., 1990) พบว่าในนักกีฬาอาวุโสจะมีจุดเริ่มล้าที่เร็วขึ้น โดยกล้ามเนื้อของนักกีฬาอาวุโสจะมีการทำงานของเอนไซม์ ซัคซิเนตดีไฮโดรจีเนส (Succinate dehydrogenase) สูงว่านักกีฬาเยาวชนและมีการทำงานของเอนไซม์ แลคเตทดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase) ต่ำกว่านักกีฬาเยาวชน

2.4.3 ผลจากการเพิ่มขึ้นของอายุต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอน

จากการศึกษาผลของอายุต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนพบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นส่งผลแปรผกผันกับความสามารถในการวิ่งระยะไกลที่ลดลงดังรูปที่ 3 (Moore DH, 1975; Costill DL., 1986; Joyner MJ, 1993; Tanaka H et al., 2003) โดยความสามารถในการวิ่งมาราธอนจะเริ่มลดลงในช่วงอายุ 35 ปีประกอบกับระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการวิ่งมาราธอนที่เพิ่มขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่องจนกระทั้งอายุ 50 ปี โดยการลดลงของความสามารถในการวิ่งมาราธอนนั้นเพศหญิงมีอัตราการลดลงของสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนที่มากกว่าเพศชายและจะแตกต่างมากยิ่งขึ้นหลังจากช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป (Hirofumi Tanaka et al., 2003)



รูปที่ 3 ระยะเวลาในการวิ่งระยะ 10 กิโลเมตรต่ออายุ

ที่มา: Tanaka H, 2003

3. การฝึกซ้อมสำหรับการวิ่งระยะไกล

3.1 รูปแบบการฝึกวิ่งสำหรับการวิ่งระยะไกล (Chrissy carroll, 2019)

3.1.1 แทรค (Track)

การวิ่งแบบแทรค (Track) หมายถึงการฝึกที่มีช่วงความเร็วเป็นชุดหนักสลับเบา การฝึกรูปแบบนี้ควรฝึกบนลู่วิ่งเพื่อช่วยในการทำความเร็ว และสามารถกำหนดช่วงหนักสลับกับเบาได้อย่างแม่นยำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.2 สปริต อินโทรวอล (Split Intervals)

การวิ่งแบบสปริต อินเทอร์วอล (SPLIT INTERVALS) หมายถึงการวิ่งโดยมี 2 ความเร็วที่ต่างกันในช่วงระดับเบาและช่วงระดับหนัก ตัวอย่างเช่นการวิ่งเป็นระยะทาง 400 เมตรด้วยความง่ายใน 200 เมตรแรกและเร็วที่สุด 200 เมตร

3.1.3 เทมโป้ (Tempo)

การวิ่งแบบเทมโป้ (Tempo) นั้นเป็นการฝึกที่ยากแต่ควบคุมได้ซึ่งสามารถวิ่งได้เป็นระยะเวลานานหรือวิ่งอย่างต่อเนื่อง 1-10 ไมล์ โดยจุดประสงค์ของการวิ่งเทมโป้ (Tempo Run) คือการสร้างความอดทนทางร่างกายและจิตใจและทำให้รู้สึกสบายใจกับความอึดอัด

3.2 ประเภทความเร็วในการฝึกสำหรับการวิ่งระยะไกล

3.2.1 Half mile pace คือการฝึกด้วยความเร็วที่เร็วที่สุดในการวิ่งระยะครึ่งไมล์ โดยมีความเร็วประมาณร้อยละ 115 – 130 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.2 Miles PACE คือการฝึกความเร็วที่เร็วที่สุดในระยะ 1 ไมล์ โดยมีความเร็วประมาณร้อยละ 105 – 115 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.3 vVO_2max คือการฝึกความเร็วที่เร็วที่สุดขณะที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.4 5K pace คือการฝึกความเร็วที่เร็วที่สุดในระยะ 5 กิโลเมตรหรือมีความเร็วประมาณร้อยละ 95 – 100 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.5 10K pace คือการฝึกด้วยความเร็วที่เร็วที่สุดในระยะ 10 กิโลเมตรหรือมีความเร็วประมาณร้อยละ 90 – 95 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.6 HM PACE คือการฝึกโดยการรักษาระดับความเร็วระหว่าง 10K PACE กับ RECOVERY PACEหรือมีความเร็วประมาณร้อยละ 50 – 90 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.2.7 RACE PACE คือการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดขณะทำการแข่งขันมาราธอน หรือมีความเร็วประมาณร้อยละ 75 – 80 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.8 RECOVERY PACE (EASY) คือการฝึกด้วยความเร็วต่ำ สามารถควบคุมการหายใจได้หรือมีความเร็วประมาณร้อยละ 50 – 75 ของความเร็วขณะที่ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Velocity at VO_2max; vVO_2max)

3.3 โปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอน

โปรแกรมการฝึกวิ่งระยะมาราธอน มีแผนการฝึกระยะเวลา 12 สัปดาห์ (ตารางที่ 3) โปรแกรมการฝึกวิ่งฯ นี้ออกแบบมาสำหรับนักวิ่งระดับกลางที่มีประสบการณ์วิ่งมาราธอนครั้งแรกไปแล้วและมีการฝึกวิ่งระยะทางอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์และสามารถวิ่งได้อย่างรู้สึกสบายเมื่อทำการฝึกวิ่งมาราธอนระยะ 16 - 25 กิโลเมตร

ตารางที่ 3 แผนการฝึกวิ่งระยะมาราธอน ระยะเวลา 12 สัปดาห์

Day/week	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Week 1	Active	Speed Train	Strength	Hill Train	5 Miles	Cross-Train	10 Miles
	Recovery	• Warm-up : 2 miles easy	Training	• Warm-up : 2 miles easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
		• 10x2-min fast, 1-min easy btwn reps		• 30-min hill, 90-secs uphill hard easy dowhill			
		• Cool-down : 10-20 mins easy		• Cool-down : 10-20 mins easy			
Week 2	Active	Speed Train	Strength	Hill Train	5 Miles	Cross-Train	12 Miles
	Recovery	• Warm-up : 2 miles easy	Training	• Warm-up : 2 miles easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
		• 10x2-min fast, 1-min easy btwn reps		• 30-min hill, 90-secs uphill hard easy dowhill			
		• Cool-down : 10-20 mins easy		• Cool-down : 10-20 mins easy			
Week 3	Active	Speed Train	Strength	Hill Train	6 Miles	Cross-Train	13 Miles
	Recovery	• Warm-up : 2 miles easy	Training	• Warm-up : 2 miles easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
		• 10x2-min fast, 1-min easy btwn reps		• 30-min hill, 90-secs uphill hard easy dowhill			
		• Cool-down : 10-20 mins easy		• Cool-down : 10-20 mins easy			
Week 4	Active	Speed Train	Strength	Tempo Train	6 Miles	Cross-Train	15 Miles
	Recovery	• Warm-up : 2 miles easy	Training	• Warm-up : 2 miles easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
		• 10x2-min fast, 1-min easy btwn reps		• 25-min at 10k pace			
		• Cool-down : 10-20 mins easy		• Cool-down : 10-20 mins easy			
Week 5	Active	6 Miles	Strength	6 Miles	6 Miles	Cross-Train	12 Miles
	Recovery	Easy	Training	Easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
Week 6	Active	Speed Train	Strength	Tempo Train	6 Miles	Cross-Train	14 Miles
	Recovery	• Warm-up : 2 miles easy	Train	• Warm-up : 2 miles easy	Easy	30 – 45 mins	Easy
		• 6x5-mile at 5k, 2-min easy btwn reps		• 25-min at 10k pace			
		• Cool-down : 10-20 mins easy		• Cool-down : 10-20 mins easy			

ที่มา : Michelle Portalatin, 2019

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แผนการฝึกวิ่งระยะมาราธอน ระยะเวลา 12 สัปดาห์ (ต่อ)

Day/week	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Week 7	Active Recovery	Speed Train • Warm-up : 2 miles easy • 3x1-mile at 5k, 3-min easy btwn reps • Cool-down : 10-20 mins easy	4 Miles Easy	Tempo Train • Warm-up : 2 miles easy • 25-min at 10k pace • Cool-down : 10-20 mins easy	6 Miles Easy	Cross-Train 30 – 45 mins	16 Miles Easy
Week 8	Active Recovery	Speed Train • Warm-up : 2 miles easy • 3x800m at 5k, 3-min easy btwn reps • Cool-down : 10-20 mins easy	4 Miles Easy	Tempo Train • Warm-up : 2 miles easy • 20-min at 10k pace • Cool-down : 10-20 mins easy	6 Miles Easy	Cross-Train 30 – 45 mins	20 Miles Easy
Week 9	Active Recovery	Speed Train • Warm-up : 2 miles easy • 10x2-min fast, 3-min easy btwn reps • Cool-down : 10-20 mins easy	6 Miles Easy	Tempo Train • Warm-up : 2 miles easy • 20-min at 10k pace • Cool-down : 10 mins easy	6 Miles Easy	Rest Day	18 Miles Easy
Week 10	Active Recovery	Speed Train • Warm-up : 2 miles easy • 3x1-mile at 5k pace, 3-min easy • Cool-down : 10-20 mins easy	5 Miles Easy	Tempo Train • Warm-up : 2 miles easy • 25-min at 10k pace • Cool-down : 10 mins easy	6 Miles Easy	Rest Day	12 Miles Easy
Week 11	Active Recovery	• Warm-up : 2 miles easy • 10x2-min fast, 1-min easy btwn reps • Cool-down : 10-20 mins easy	5 Miles Easy	• Warm-up : 2 miles easy • 20-min at 10k pace • Cool-down : 10 mins easy	6 Miles Easy	Cross-Train 30 – 45 mins	10 Miles Easy
Week 12	Active Recovery	5 Miles Easy	Cross-Train 30 – 45 mins	Tempo Train • Warm-up : 2 miles easy • 10x2-min at marathon pace, 1-min easy • Cool-down : 10 mins easy	5 Miles Easy	Rest Day	Rest Day

ที่มา : Michelle Portalatin, 2019

4. การฝึกด้วยแรงต้าน

การฝึกด้วยแรงต้านเป็นอีกรูปแบบที่ความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาและเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย ปัจจุบันวิธีการดังกล่าวนี้เป็นที่ยอมรับและนิยมแพร่หลายในทั่วโลก แต่เดิมผู้ฝึกสอนมักมีทัศนคติและความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับเรื่องการฝึกด้วยแรงต้าน โดยเชื่อว่าการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูง จะทำให้ความรวดเร็วและว่องไวในการเคลื่อนไหวลดลง จนกระทั่งต่อมาได้มีการวิจัยและทดลองหาข้อเท็จจริงดังกล่าว พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านสามารถทำให้สมรรถภาพทางกายเพิ่มสูงขึ้น ทั้งด้านกำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว รวมไปถึงความทนทานของกล้ามเนื้อ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557)

การฝึกเพื่อความสามารถในการทำงานสูงสุดต่อกล้ามเนื้อนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยการเตรียมร่างกายขั้นพื้นฐานให้ถูกต้องตามขั้นตอนของหลักการฝึก ซึ่งควรเริ่มการฝึกฝึกจากเบาไปหาหนัก โดยค่อย ๆ เพิ่มปริมาณหรือความหนักขึ้นทีละน้อยตามความสามารถ ในการฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพให้กับกล้ามเนื้อ จำเป็นต้องอาศัยการกำหนดระดับความหนัก ให้เหมาะสมกับจำนวนครั้งและจำนวนเซต และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพหรือผลดีต่อกล้ามเนื้อ จึงจำเป็นต้องอาศัยสมรรถภาพความแข็งแรงขั้นพื้นฐาน และควรคำนึงถึงเป้าหมายของการฝึก เช่น ฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงหรือทนทาน เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557)

4.1 การปรับตัวของร่างกายต่อการฝึกด้วยแรงต้าน

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้จากการเกิดความตึงที่เพียงพอ (อย่างน้อยประมาณ 60 – 80% ของแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ) มากระทำต่อใยกล้ามเนื้อและโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้น โดยการเชื่อมโยงกระแสประสาทระหว่างมอเตอร์นิวรอนที่แยกแขนงมาจากไขสันหลังไปกระตุ้นให้มอเตอร์ยูนิตทำงาน การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจะส่งผลให้เกิดการปรับตัวของร่างกายดังต่อไปนี้ (ACSM, 2010; Plowman, 2014)

- การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านทำให้พื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) ของแต่ละใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้กล้ามเนื้อทั้งมัดมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อนี้เกิดจากการเพิ่มขนาดของใยกล้ามเนื้อ (Fiber hypertrophy) โดยเป็นการเพิ่มทั้งขนาดและ จำนวนของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ ได้แก่ แอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ในแต่ละใยกล้ามเนื้อ รวมถึงการเพิ่มจำนวนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) รอบใยกล้ามเนื้อด้วย ยังไม่มีความชัดเจนว่า การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนใยกล้ามเนื้อ (Fiber hyperplasia)

- การปรับตัวทางระบบประสาท

ช่วง 2 - 3 สัปดาห์แรกของการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ผู้ออกกำลังกายจะมีการ เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้โดยยังไม่พบการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ พบว่า ความแข็งแรงของ กล้ามเนื้อในระยะแรกเกิดจากการพัฒนาของระบบประสาทกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ เพิ่มการ ขับเคลื่อนทางระบบประสาท (Neural drive) เพิ่มความเชื่อมโยงการทำงานของมอเตอร์ยูนิต (Synchronous recruitment of motor units) และลดการที่กอลจิเทนดอนออร์แกนไปควบคุมไม่ให้ เกิดแรงมากระทำ (Autogenic inhibition) ต่อกล้ามเนื้อมากเกินไป แต่เมื่อมีการฝึกออกกำลังกาย แบบใช้แรงต้านระยะยาวอย่างต่อเนื่อง จะพบว่า การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อจะเป็นปัจจัยหลักในการ ทำให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008)

- การปรับตัวทางเมตะบอลิก

การปรับตัวทางเมตะบอลิกเกิดขึ้นในใยกล้ามเนื้อเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการสร้างสารพลังงาน (ATP) ได้มากขึ้นจากกระบวนการเมตะบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) โดยมีการเพิ่มการสะสมฟอสโฟคลีเอทิน (Phosphocreatine) และไกลโคเจน (Glycogen) ในกล้ามเนื้อและเพิ่มเอนไซม์ครีเอทินฟอสโฟไคเนส (Creatine phosphokinase enzyme)

- การปรับตัวทางฮอร์โมน

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนไม่มาก โดยมีการ เพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอินซูลินไลค์โกรธแฟคเตอร์ (Insulin-like growth factor; IGF-1) ขณะพัก แต่ยังคงมีข้อถกเถียงกันและยังไม่มีข้อมูลแน่ชัดว่า การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านสามารถเพิ่มฮอร์โมน เทสโทสเทอโรน (Testosterone hormone) ได้หรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 หลักการทั่วไปของการฝึกด้วยแรงต้าน

สิ่งที่ควรคำนึง และให้ความสำคัญอันดับแรกๆ ในการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ได้แก่ การตั้งเป้าหมาย การทราบข้อจำกัดต่างๆ สมรรถภาพทางกาย ณ ปัจจุบัน และอุปกรณ์การฝึกที่สามารถ เลือกนำมาใช้ในการฝึก นอกจากนี้ ความก้าวหน้าและความหลากหลายของการฝึกก็เป็นสิ่งสำคัญในการ ที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการเบื่อหน่ายการฝึก และมีความต้องการจะฝึกต่อไปอย่างต่อเนื่อง หลักทั่วไปของ การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Bompa, Pasquale, & Cornacchia, 2003; Wilmore, Costill, & Kenney, 2008; American College of Sports Medicine, 2010) มีดังนี้

- การฝึกเฉพาะบุคคล

จากการที่แต่ละบุคคลมีคุณสมบัติของพันธุกรรม (Genetic characteristics) ที่มีความแตกต่างกัน โดยการที่อัตราการเจริญเติบโตของเซลล์ เมตะบอลิสม การควบคุมระบบไหลเวียน

โลหิต หายใจ ประสาท และต่อมไร้ท่อของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันนั้น ทำให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อการฝึกที่ไม่เหมือนกัน ส่งผลให้บางคนก็มีการพัฒนาสมรรถภาพได้ช้า (Low responder) บางคนก็พัฒนาสมรรถภาพได้เร็ว (High responder) ด้วยเหตุผลนี้ควรกำหนดโปรแกรมการฝึกให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของแต่ละบุคคล

- การจำเพาะเจาะจงในการฝึก

โปรแกรมการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ดี และมีประสิทธิภาพ ควรต้องออกแบบให้เฉพาะเจาะจงกับ เป้าหมายของการฝึกที่ต้องการ เนื่องจากทั้งการตอบสนองต่อการออกกำลังกาย (Exercise responses) และการปรับตัวต่อการฝึกออกกำลังกาย (Training adaptations) ของร่างกายมีความเฉพาะเจาะจง

- การเปลี่ยนแปลงกลับ

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและอดทนต่อการเมื่อยล้าได้ แต่หากลดการฝึกหรือหยุดฝึก (Detraining) การพัฒนานั้นก็จะเปลี่ยนแปลงกลับไปสู่ระดับปกติเหมือนเดิม ดังนั้น ในการวางแผนการฝึกจึงควรวางแผนการคงอยู่ (Maintenance) ของการฝึกนั้น ด้วยดังคำกล่าวที่ว่า “Use it or lose it”

- การเพิ่มความหนัก

แนวคิดที่สำคัญในการฝึกทุกรูปแบบ คือ การให้งานเกิน (Overload) และการมีความก้าวหน้าของการฝึก (Progressive training) การให้งานเกินสำหรับการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านนั้น เป็นการให้งานหรือน้ำหนักแก่กล้ามเนื้อที่เกินจากจุดที่สามารถทำงานได้ปกติ ส่วนการมีความก้าวหน้า ของการฝึกเป็นการเพิ่มความหนัก และระยะเวลาของการฝึกโดยใช้แรงต้าน หรือเพิ่มปริมาณการฝึก ที่มากขึ้นเพื่อกระตุ้นให้กล้ามเนื้อมีสมรรถภาพที่ต้องการ การค่อยๆ เพิ่มความหนักให้เกินจากสิ่งที่ร่างกายทำได้ จะเป็นการเพิ่มในองค์ประกอบต่างๆ ของการฝึกออกกำลังกายโดยแรงต้าน 1)ความหนักของงานที่ทำให้กล้ามเนื้อออกแรง 2) การเพิ่มจำนวนครั้งของความหนักของงานเดิม 3) ความเร็ว/จังหวะในการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับเป้าหมาย 4) ระยะเวลาพักที่สั้นลงสำหรับการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ หรือระยะเวลาพักที่ยาวขึ้นสำหรับการพัฒนาความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อ และ 5) ปริมาณการฝึกโดยรวม (จำนวนครั้งและงาน)

- การวางแผนการฝึก

การวางแผนการฝึก หมายถึง แนวคิดทางการฝึกที่มีการวางแผนเป็นอย่างดีที่ส่งผลต่อ การเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการวางแผนการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านขึ้นอยู่กับการแบ่งช่วงของการฝึก (Training Phase) หรือวงจรการปรับเปลี่ยนระยะเวลาของการฝึก (Cycles of varying length) ที่ถูกกำหนดให้เป็นไปตามเป้าหมาย หรือความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้องการของผู้ออกกำลังกาย เช่น ไมโครไซเคิล (Micro-cycle) : ใช้เวลา 1 - 4 สัปดาห์ มีโสไซเคิล (Meso-Cycle) ใช้เวลา 4 – 6 เดือนใน 1 ปี และแมคโครไซเคิล (Macro-Cycle) : ใช้เวลา 1 ปี โดยโปรแกรมการวางแผนการฝึกมีทั้งแบบดั่งเดิม แบบคลาสสิค และแบบไม่เป็นเส้นตรง

4.3 ชนิดของการฝึกด้วยแรงต้าน

การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านเป็นการที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบคงค้างนิ่ง (Static contraction) แบบเคลื่อนไหว (Dynamic contraction) หรือร่วมกันทั้งสองแบบการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยวิธีที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดประโยชน์ที่แตกต่างกัน ชนิดของการฝึกการออกกำลังกาย แบบใช้แรงต้าน (Costit & Kenney, 2008) มีดังนี้

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยการเกร็งกล้ามเนื้อ

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยการเกร็งกล้ามเนื้อ (Static contraction resistance training) การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยการเกร็งกล้ามเนื้อเป็นการทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบคงความยาว (Isometric contraction) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีความสำคัญสำหรับการออกกำลังกายเพื่อการฟื้นฟูกล้ามเนื้อหลังการผ่าตัดในระหว่างที่ต้องการจำกัดการเคลื่อไหวโดยการเกร็งกล้ามเนื้อ จะช่วยลดการสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength loss) และช่วยลดการเกิดกล้ามเนื้อลีบ (Muscle atrophy)

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนักอิสระ

การใช้น้ำหนักอิสระ เช่น บาร์เบลล์ หรือดัมเบลล์จะทำให้มีน้ำหนักที่ยกคงที่ตลอดการเคลื่อนไหวแต่มีการเปลี่ยนแปลงของการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อต้านแรงที่แตกต่างขึ้นองศาของการเคลื่อนไหว ตัวอย่าง เช่น การยกบาร์เบลล์ 50 กิโลกรัม ในท่างอศอก (Arm curt) ความแข็งแรงสูงสุด (100 %) ของกล้ามเนื้องอศอก (Elbow flexor) จะเกิดขึ้นในการงอศอกที่ประมาณ 100 องศาจากท่าเตรียม และกล้ามเนื้อจะมีความแข็งแรงน้อยสุดที่ 60 องศา (มุมที่ข้อศอกงอได้มากที่สุด) ซึ่งจะมีแรงประมาณ 67 % และ 71 % ตามลำดับ ดังนั้น การทดสอบกำหนดความหนักของน้ำหนักอิสระสำหรับการฝึก จะต้องคำนึงถึงน้ำหนักที่สามารถยกได้ในช่วง/มุมองศาของการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดแรงน้อยที่สุด (The weakest portion in the range of motion) มิใช่คำนวณตามน้ำหนักที่ยกได้ในช่วง/มุมองศา ของการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดแรงได้มากที่สุด เช่น สมชายยกน้ำหนักในท่างอศอกได้ 45 กิโลกรัง ที่มุมที่ยกได้สูงสุด 100 องศา แต่สมชายสามารถยกน้ำหนักได้เพียง 32 กิโลกรัม ที่มุม 180 องศา ดังนั้นควรต้องคิดกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นของสมชายที่ 32 กิโลกรัม

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยการออกแรงแบบเอ็กเซ็นทริก

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยการต้านแรงแบบเอ็กเซนทริกเป็นการต้านแรงที่ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเคลื่อนไหว (Dynamic contraction) การฝึกแบบเอ็คเซนทริกจะทำ

ให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการต้านแรงมากกว่า อีกทั้งยังเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกแบบคอนเซนทริก (Concentric)

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยเครื่องกำหนดน้ำหนัก

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยอุปกรณ์กำหนดน้ำหนักสามารถทำให้กล้ามเนื้อได้ทำงานเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มแรงต้านหรือน้ำหนักถ่วงให้กับมุมของการเคลื่อนไหวนั้นๆ

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยเครื่องไอโซคิเนติก

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยเครื่องไอโซคิเนติกเป็นการใช้อุปกรณ์ในการควบคุมความเร็ว (Speed) ของการเคลื่อนไหวให้คงที่ ความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนไหว (Angular velocity) จะถูกกำหนดได้ตั้งแต่ 0 องศาต่อวินาที หรือเป็นการหดตัวแบบค้างนิ่ง (Static Contraction) ไปจน 300 องศาต่อวินาทีหรือมากกว่า เครื่องไอโซคิเนติกมีการทำงานโดยใช้ระบบไฟฟ้า (Electronic) และไฮโดรลิก (Hydrolic)

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยแรงแบบพลัยโอเมตริก

การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยการต้านแรงแบบพลัยโอเมตริกหรือเรียกว่า วงจรยืด - หดสั้น (Stretch-shorten cycle exercise) มีวัตถุประสงค์ในการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) และความเร็ว (Speed) โดยพลัยโอเมตริกใช้รีเฟล็กซ์ของการยืดทำให้เกิดการระดมหน่วยยนต์และเก็บพลังงานในส่วนของกล้ามเนื้อที่ทำการยืดและหดตัว

- การฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านด้วยการกระตุ้นไฟฟ้า

เป็นการฝึกแบบใช้แรงต้านด้วยการกระตุ้นไฟฟ้าเป็นแรงกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยตรงไปยังเส้นประสาทมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่ใช้เพื่อลด หรือฟื้นฟูการสูญเสียความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อของอวัยวะที่อยู่นิ่งในช่วงการรักษาฟื้นฟู

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด

การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนของเลือดได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปีค.ศ. 1960 ณ ประเทศญี่ปุ่นและเรียกว่าการฝึกแบบคัตซุ (KAATSU) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เครื่องบีบ (Pneumatic cuff) บีบรัดกล้ามเนื้อที่ต้องการฝึกบริเวณต้นของส่วนรยางค์ (Proximal) โดยกล้ามเนื้อที่ทำการฝึกจะเป็นกล้ามเนื้อรยางค์ทั้งส่วนบนและล่าง โดยอุปกรณ์บีบจะบีบด้วยความดันเฉพาะกับตำแหน่งที่ถูกจำกัดการไหลเวียนโลหิต โดยการฝึกรูปแบบนี้จะมีลักษณะคือ ฝึกด้วยการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำ (ร้อยละ 20-30 ของความหนักสูงสุดที่สามารถทำได้ใน 1 ครั้ง; 1-RM) จำนวนครั้งต่อชุดสูง (15-30 ครั้งต่อชุด) และช่วงเวลาพักระหว่างชุด (30 วินาที)

5.1 การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด

จุดมุ่งหมายของการฝึกด้วยการไหลเวียนของเลือดคือการเลียนแบบผลกระทบของการออกกำลังกายความหนักสูง โดยการสร้างสภาพแวดล้อมของเซลล์โดยใช้อุปกรณ์จำกัดการไหลเวียนของเลือดที่ตำแหน่ง ต้นของส่วนรยางค์ (Proximally) จากนั้นสามารถดำเนินการออกกำลังกายกล้ามเนื้อและการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำ เนื่องจากการไหลของเลือดถูกจำกัดการไหลเวียนของเส้นเลือดทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในภาวะออกซิเจนต่ำและมีการเพิ่มขึ้นกรดแลคติก ทำให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาในกล้ามเนื้อ เช่น การหลั่งฮอร์โมน ภาวะขาดออกซิเจน และเซลล์บวม จะเกิดขึ้นในระหว่างการฝึกรูปแบบนี้ร่วมกับการออกกำลังกายความหนักต่ำจะทำให้เกิดการจำลองการออกกำลังกายความหนักสูง (Jacob M, 2013) เมื่อกล้ามเนื้ออยู่ภายใต้ความเครียดเชิงกลจะทำให้ระดับอนาบอลิกฮอร์โมน (Anabolic hormone) เพิ่มขึ้น การทำงานของเซลล์ต้นกำเนิด (Myogenic stem cells) ส่งผลให้เกิดการเผาผลาญโปรตีนและเพิ่มขึ้นของขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) การเกิดการหลั่งฮอร์โมน ภาวะขาดออกซิเจนและภาวะเซลล์บวม จะเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้ออยู่ภายใต้การสะสมของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสร้างพลังงาน (Metabolic stress) ปัจจัยเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างเซลล์ (Anabolism) ของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อต้นกำเนิด (Myogenic stem cells) ที่พบระหว่างชั้นเบซัล ลามินา (Basal lamina) และเยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma membrane) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibres) ซึ่งปกติจะอยู่ในสภาวะไม่ได้ใช้งาน แต่จะถูกกระตุ้นให้ทำงานจากการตอบสนองต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ หรือการเพิ่มขึ้นของความตึงเครียดในกล้ามเนื้อ เซลล์เหล่านี้มีความรับผิดชอบต่อการซ่อมแซมเส้นใยกล้ามเนื้อที่เสียหายและส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยกล้ามเนื้ออีกด้วย ซึ่งการออกกำลังกายใดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นแบบใช้แรงต้านหรือฝึกระบบแอโรบิกจะส่งผลให้โกรทฮอร์โมน (Growth hormone) ถูกหลั่งออกมามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งโกรทเฟคเตอร์ (Growth factor) และโกรทฮอร์โมน (Growth hormone) มีหน้าที่ในการเพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจนมากขึ้นหลังจากออกกำลังกายและช่วยในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อ ด้วยตัวโกรทฮอร์โมน (Growth hormone) เองนั้นไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขนาด (Hypertrophy) ของกล้ามเนื้อ แต่มันช่วยในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อและส่งเสริมในกระบวนการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ การสะสมของแลคเตท (Lactate) และไฮโดรเจนไอออน (Hydrogen ions) จากการฝึกให้เซลล์อยู่ใต้สภาวะออกซิเจนต่ำ จะเป็นการเพิ่มการหลังของโกรทฮอร์โมน (Growth hormone) การฝึกด้วยความหนักสูงได้แสดงให้เห็นว่าสามารถควบคุมไมโอสแตติน (Myostatin) ให้ลดลงและทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสำหรับการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) เนื่องจากไมโอสแตติน (Myostatin) สามารถควบคุมและยับยั้งการเติบโตของเซลล์ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ จึงทำให้จำเป็นต้องลดไมโอสแตติน (Myostatin) ลงเพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการเพิ่มขนาด (Hypertrophy) ของกล้ามเนื้อ การฝึกด้วยแรงต้านส่งผลให้เกิดการบีบตัวของหลอดเลือดภายในกล้ามเนื้อที่ถูกฝึก สิ่งนี้ทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxic)

การลดของการส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อเป็นผลจากปัจจัยที่เหนี่ยวนำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia-inducible factor; HIF-1α) ถูกเปิดใช้งาน สิ่งนี้นำไปสู่การเพิ่มการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกแลคติก (Anaerobic lactic) และการผลิตแลคเตท (Lactate) อาการบวมภายในเซลล์ทำให้เกิดปฏิกิริยาอนาโบลิก (Anabolic) และส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการขยายตัว ซึ่งการบวมของเซลล์สามารถทำให้เกิดกลไกซึ่งจะกระตุ้นการสร้างเซลล์ต้นกำเนิด (Myogenic stem cells) ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจะทำให้เกิดการกักเก็บน้ำภายในเซลล์หรือเกิดการบวมน้ำของเซลล์เพิ่มขึ้น

5.2 รูปแบบการฝึกด้วยจำกัดการไหลของเลือด

การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจำเป็นต้องใช้สายรัด (Tourniquet) รัดบริเวณส่วนรยางค์ของร่างกายขณะฝึก โดยสายรัดต้องรัดให้แน่นด้วยความดันที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเส้นเลือดดำแต่ยังคงมีการไหลของเส้นเลือดแดง โดยอุปกรณ์บางชนิด เช่น สายยางยืดสำหรับการออกกำลังกาย ไม่แนะนำให้นำมาใช้เพราะจะไม่สามารถตรวจสอบปริมาณการไหลเวียนของเลือดได้ และหากรัดแน่นไปจะส่งผลเสียต่อเนื้อเยื่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ ซึ่งความกว้างของสายรัดที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 10 - 12 เซนติเมตร แต่สามารถปรับได้ตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคลโดยวัสดุควรจะเป็นสายยางหรือไนลอน (Nylon) ซึ่งสายรัดยางยืดจะมีแรงดันตั้งแต่เริ่มต้นแม้กระทั่งก่อนที่สายรัดจะเพิ่มแรงดันเข้าไปและทำให้ความสามารถในการจำกัดการไหลเวียนของเลือดแตกต่างจากสายรัดไนลอน ซึ่งสายรัดแบบยางยืดมีหลักสำคัญในการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ได้แก่ การบีบรัดต้องอาศัยความดันที่ต้องสูงพอสำหรับกั้นการไหลกลับของเลือดดำ (Venous return และ blood pooling) แต่ต้องต่ำพอที่จะให้เลือดแดง (Arterial) ไหลเข้า โดยแรงของการบีบรัดให้แบ่งระดับความรู้สึกแน่นเป็น 0-10 จากการศึกษาของวิลสันและคณะ (Wilson et al., 2013) พบว่าความหนาแน่นของการบีบรัดควรอยู่ในระดับ 7 จาก 10 จะส่งผลให้เส้นเลือดเลือดดำทั้งหมดถูกกันแต่ยังคงมีการไหลเข้าของเส้นเลือดแดง ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคลมีความเฉพาะเจาะจงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) โดยควรใช้ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) คูณ 1.2 – 1.5 โดยมีระดับของความดันมาตรฐานคือ 180 มิลลิเมตรปรอท โดยระดับของแรงดันมีความสัมพันธ์กับเส้นรอบวงต้นขาของผู้ฝึก ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ปลอดภัยควรใช้ความดันที่เฉพาะเจาะจงต่อแต่ละบุคคลโดยสามารถใช้เครื่องตรวจการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือด (Plethysmography) ในการตรวจสอบการไหลเวียนของเลือดไปที่แขนขา อุปกรณ์บีบรัดจะถูกบีบด้วยความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ (Limb occlusion pressure; LOP) หรือ (Arterial occlusion pressure; AOP) ซึ่งความดันในการบีบรัดสำหรับฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อคำนวณออกมาจะได้ควรจะอยู่ระหว่างร้อยละ 70-80 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ (Arterial occlusion pressure; AOP)

โดยมีวิธีการวัดความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (Passive arterial occlusion pressure; AOP) โดยการใช้เครื่องอัลตราซาวน์ (Ultrasound machine) และหัวตรวจ (Doppler probe transducers) เพื่อศึกษาถึงลักษณะการไหลเวียนและความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดง Popliteal โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือด (Time average mean velocity; TAMV) และคำนวณปริมาณการไหลของเลือดจากสูตรดังต่อไปนี้ Blood flow volume = TAMV x π x $(r)^2$ x 60 (Hunt et al., 2016) หลังจากนั้น ทดสอบค่าความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (AOP) โดยใช้แถบสายรัด (Cuff) ที่เป็นอุปกรณ์ในการฝึกพันรอบบริเวณต้นขา และทำการวัดแรงดันที่ใช้ปิดกั้นการไหลเวียนโลหิต มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท (Laurentino et al., 2012; Corvino et al., 2017)

5.3 วิธีการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด

การจำกัดการไหลของเลือดรยางค์ส่วนล่าง ให้ใช้สายรัดทำการรัดบริเวณโคนขาของต้นขา โดยรัดที่ร้อยละ 80 ของการไหลเวียนอย่างสมบูรณ์ของหลอดเลือดแดงและกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดดำอย่างสมบูรณ์

ขณะรัดให้ทำการออกกำลังกายที่ระดับความหนักร้อยละ 20-30 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM). โดยมีความถี่ในการฝึก ในทางทฤษฎีการฝึกความแข็งแรงร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตสามารถทำได้ทุกวันและในการศึกษาของนีลสันและคณะ (Nielsen et al., 2012) แนะนำว่าสามารถรับการฝึกได้วันละสองครั้ง หลายการศึกษาชี้ว่าการฝึกเพื่อสร้างความทนทานของกล้ามเนื้อร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต สามารถฝึกได้ 4-6 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งระยะเวลาในการฝึกนานที่สุดไม่ควรเกิน 10 สัปดาห์และมีช่วงการพักนานที่สุด 30 วินาทีต่อยก โดยระหว่างพักให้ทำการคลายที่รัดออก สำหรับความดันสำหรับการยับยั้งการไหลเวียนจะใช้ความดันที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการยับยั้งการไหลเวียนของเลือดแดง โดยระบบสายรัดรุ่นใหม่มีระบบในตัวเพื่อวัดการไหลเวียนของหลอดเลือดซึ่งช่วยให้ความดันสายรัดส่วนบุคคลสำหรับผู้ป่วยแต่ละรายและไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความกว้างของข้อมือขนาดแขนขาหรือความดันโลหิต

ข้อแนะนำให้ใช้แรงดันจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ร้อยละ 80 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์สำหรับรยางค์ส่วนล่างและร้อยละ 50 ของความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์สำหรับรยางค์ส่วนบน ซึ่งความหนักของการฝึกใช้ความหนักที่ร้อยละ 15-30 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) หากความหนักมากกว่านี้ จะส่งผลต่อเซลล์ให้เกิดความเสียหาย การออกกำลังกายที่มี

ระดับความหนักต่ำมีการตอบสนองต่อความความหนักที่ต่ำกว่าร้อยละ 15-30 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) หากหยุดการฝึกก่อนครบ 75 ครั้งเนื่องจากอาการปวดหรือรู้สึกอึดอัดเกินไป ให้ทำการลดแรงดันของสายรัดลง 10 มิลลิเมตรปรอท จนกระทั่งสามารถปรับตัวกับสายรัดได้ ให้เพิ่มความดันกลับขึ้น 10 มิลลิเมตรปรอท (Nielsen et al., 2012)

ขั้นตอนการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด

จำนวนครั้งมาตรฐานที่ใช้ในฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตคือ 30 ครั้งต่อยกสำหรับยกแรก ตามด้วยการฝึกอีก 3 ยก ยกละ 15 ครั้ง (30/15/15/15) ตามด้วยการพัก 30 วินาทีต่อยก รวมทั้งหมดเป็น 75 ครั้ง การรัดจะมีความสำคัญมากในการสร้างสภาวะขาดออกซิเจน เนื่องจากการสร้างแลคเตท (Lactate) โดยค่าความรู้สึกเหนื่อย (Rate of perceived exertion, RPE) มีความใกล้เคียงกับค่าการสะสมของกรดแลคติกในเลือด (Lactate accumulation) ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการออกกำลังกายเป็นผลเนื่องจากการไหลเวียนของหลอดเลือดดำลดลง ส่งผลต่อปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจสุดท้ายที่สูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke volume) ที่ลดลงเพื่อรักษาระดับของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละนาที (Cardiac output) เมื่อใดที่นักกีฬาจะเป็นลม วิงเวียน มีอาการปวดบริเวณที่รัดปานกลางถึงปวดรุนแรงหรือเริ่มรู้สึกมึนงงหรือมีอาการชาให้หยุดทำการฝึก

การออกกำลังกายที่สามารถฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด

การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตจำเป็นต้องใช้สายรัด (Tourniquet) รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุดของร่างกายส่วนรยางค์ขณะฝึก โดยสายรัดต้องรัดให้แน่นด้วยความดันที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเส้นเลือดดำอย่างสมบูรณ์แต่ยังคงมีการไหลของเส้นเลือดแดง ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนโลหิตสามารถทำร่วมกับการออกกำลังกายดังตารางที่ 4

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการออกกำลังกายที่สามารถฝึกร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต

รยางค์ส่วนบน	**รยางค์ส่วนล่าง**
1. Upper body ergometer	1. Walking
2. Isometrics	2. Cycling
3. Scapular rows	3. Isometrics
4. Serratus punches	4. Leg extension
5. Shoulder exercises	5. Hamstring curl
6. Bench press	6. Straight leg raises
7. Push-up	7 Terminal knee extension
8. Elbow flexion	8. Hip range of motion exercises
9. Elbow extension	9. Leg press
10. Elbow supination	10. Squat
11. Elbow pronation	11. Lunge
12. Wrist and all hand gripping exercises	12. Ankle and all foot exercises
13. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) patterns	

ที่มา: Pope ZK, 2013

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การฝึกซ้อมวิ่งด้วยการจำกัดการไหลของเลือด (Wilson et al., 2013)

1. ใช้สายรัดที่มีขนาดกว้างกว่าจะมีประสิทธิภาพมากกว่าสายรัดที่มีขนาดแคบ (Heitkamp H.C., 2015)

2. รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุด (Proximally) ของต้นขาโดยต่ำกว่าบริเวณโคนขา (Inguinal fold) เล็กน้อยประมาณ 10 เซนติเมตร

3. แรงบีบเพิ่มขึ้นโดยผู้ทดลองจนกว่าจะมีการรายงานการรับรู้ความแน่นในการรัดที่ระดับ 7 จาก 10 (แรงดันปานกลางแต่ปราศจากความเจ็บปวด)

4. นักวิจัยคนเดียวกันจะเป็นคนบีบรัดทุกคนและดูแลการฝึกอบรมทั้งหมดในระหว่างการศึกษา (Wilson et al., 2013)

ผลข้างเคียงจากการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด (Brandner et al., 2018)

การฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดอาจส่งผลให้ผลข้างเคียงจากการฝึกได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นลม
2. เวียนศีรษะ
3. อาการชา
4. อาการปวด
5. รู้สึกไม่สบายตัว
6. เมื่อนำอุปกรณ์จำกัดการไหลเวียนของเลือดออกจะทำให้เกิดภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดมายังเนื้อเยื่อ (Hyperemia) ซึ่งจะทำให้เกิดอาการบวมของเซลล์
7. อาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย (Delayed onset muscle soreness)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประโยชน์จากการฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือด

1. เพิ่มความเร็วในการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch)

2. การฝึกด้วยความหนักต่ำร่วมกับการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนของเลือดส่งผลให้เส้นรอบวงของกล้ามเนื้อมากขึ้นเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายความหนักต่ำโดยไม่จำกัดการไหลเวียนของเลือด

3. การฝึกด้วยระยะเวลาสั้น, ความหนักต่ำร่วมกับการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนของเลือด ประมาณ 4-6 สัปดาห์ส่งผลให้กล้ามเนื้อเพิ่มความแข็งแรงขึ้นร้อยละ 10-20 การเพิ่มขึ้นเหล่านี้จะเทียบได้กับประโยชน์ที่ได้รับจากการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงโดยไม่มีการจำกัดการไหลเวียนโลหิต

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

ไวพจน์ จันทร์เสม (2545) ได้ศึกษาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับอุดมศึกษา ของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 30 คน โดยทำการสุ่มแบบกำหนดลงในกลุ่มสามกลุ่มๆ ละ 10 คน แต่ละกลุ่มทำการทดลองตามโปรแกรมการฝึกดังนี้ กลุ่มที่หนึ่ง โปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับการวิ่งสองนาที กลุ่มที่สอง โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการวิ่งสองนาที กลุ่มที่ 3 โปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกเป็นเวลาแปดสัปดาห์ๆละสองวัน ทำการทดสอบพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาโดยการกระโดดต่อเนื่อง 30 วินาที เวลาในการวิ่ง 40 เมตร ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร ความอดทนของกล้ามเนื้อขาโดยการยกน้ำหนักท่าสควอท ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่สอง สี่ หก แปดและหลังเสร็จสิ้นการทดลองสองสัปดาห์ นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวแบบวัดซ้ำ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า 1. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ทั้ง 3 โปรแกรม ไม่สามารถพัฒนาพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทั้ง 3 โปรแกรม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธิกร อาภานุกูล (2551) ศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาโดยมีกลุ่มตัวอย่าง 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง โดยกลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกเอ็คเซ็นตริกเพียงอย่างเดียว ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการฝึกกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และพลังงานของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เสกข์ศักย์ ธิติศักดิ์ (2556) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านแบบมีการพักระหว่างการออกแรงกับแบบประเพณีนิยมที่มีต่อการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อขาโดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการกำหนดแบบสุ่มกลุ่มละ 25 คน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกด้วยน้ำหนักร้อยละ 85 ของน้ำหนักที่ทำได้สูงที่สุดโดยการออกแรง 1 ครั้งโดยออกแรงติดต่อกันจำนวน 5 ครั้ง กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกด้วยน้ำหนักร้อยละ 85 ของน้ำหนักที่หนักที่สุดโดยการออกแรง 1 ครั้งพักระหว่างการออกแรง 20 วินาทีจำนวน 5 ครั้ง ฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ

ผลก่อน และหลังการฝึกด้วยการทดสอบกระโดดแบบมีการพักระหว่างการกระโดด 20 วินาทีและกระโดดต่อเนื่อง นำค่าการส่งออกพลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัว แรงกระทำต่อพื้นในแนวดิ่งสูงสุดต่อน้ำหนักตัวพบว่าผลการเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบของพลังกล้ามเนื้อขาก่อนและหลังการฝึกภายในทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 แต่ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกันจึงสรุปได้ว่าการฝึกด้วยแรงต้านมีแนวโน้มในการพัฒนาองค์ประกอบของพลังกล้ามเนื้อขาได้หลากหลายรูปแบบมากกว่า

เอกพันธ์ ภู่เงิน (2561) ได้ศึกษาผลของการฝึกระหว่างแบบพลัยโอเมตริกและแบบเอกเซนตริกที่มีต่อความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวายของนักวิ่งระยะไกลชาย วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกลชายอายุ 18-30 ปี จำนวน 20 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบพลัยโอเมตริกและเอกเซนตริก ทั้งสองกลุ่มทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบค่าแรงสูงสุดการหดตัวของกล้ามเนื้อน่องขณะเกร็งอยู่กับที่ ระยะความยาวที่ยืดออกของเอ็นร้อยหวาย และค่าความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวาย ก่อนและหลังการฝึก แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัย พบว่ากลุ่มที่ฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวายเพิ่มขึ้นและระยะความยาวที่ยืดออกลดลงภายหลังการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าแรงสูงสุดการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเกร็งอยู่กับที่ ขณะกลุ่มที่ฝึกแบบเอกเซนตริกมีค่าความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวาย และแรงสูงสุดการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะเกร็งอยู่กับที่เพิ่มขึ้น หลังการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างของระยะความยาวที่ยืดออก อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของค่าความแข็งแข็งของเอ็นร้อยหวายทั้ง 2 กลุ่ม สรุปผลการวิจัย การออกกำลังกายทั้งแบบพลัยโอเมตริกและแบบเอกเซนตริกสามารถช่วยพัฒนาความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวายในนักวิ่งระยะไกลชายได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบสามารถนำไปใช้เสริมสร้างความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวายในนักวิ่งระยะไกลได้

6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

โทโมฮิโระและคณะ (Tomohiro et al., 2011) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยการใช้แรงต้านความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตกับการฝึกด้วยการใช้แรงต้านความหนักสูงเพื่อดูความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Tricep brachii) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายอายุระหว่าง 22-32 ปี ทำการฝึกด้วยการใช้แรงต้านท่าดันอก (Bench press) โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกด้วยการใช้แรงต้านความหนักสูง (ร้อยละ 75 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง, 1-RM) กลุ่มที่ฝึกด้วยการใช้แรงต้านความหนักต่ำ (ร้อยละ 30 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง, 1-RM) ร่วมกับการ

จำกัดการไหลเวียนโลหิต กลุ่มที่ใช้การฝึกทั้ง 2 รูปแบบและกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก โดยกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของทั้งขนาดและความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Tricep brachii) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ของกลุ่มที่ฝึกด้วยการฝึกด้วยการใช้แรงต้านความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตมากที่สุด

อเล็กซานเดอร์และคณะ (Alexander et al., 2012) ได้ศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อความสามารถในการวิ่งและค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะวิ่งในนักวิ่งมาราธอนวัยกลางคน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งวัยกลางคนเพศชายจำนวน 14 คน และเพศหญิงจำนวน 8 คน ที่มีอายุเฉลี่ย 40 ปี โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 11 คน ทั้ง 2 กลุ่มได้รับการฝึกวิ่งเพื่อความทนทานเหมือนกัน แต่กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ระดับความหนัก 3 – 5 RM จำนวน 4 ชุด 2 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดยมุ่งเน้นการสร้างความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อขาและแกนกลางลำตัว หลังจากการฝึกพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสามารถสูงสุดในการออกแรงท่าเหยียดขา (Leg extension) เพิ่มขึ้นแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะวิ่งระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คูโนะและเซบัสเตียน (Kuno and sebastian, 2012) ได้ศึกษาผลของการฝึกระดับหนักกับการฝึกความทนทานต่อสมรรถภาพแอโรบิกในนักวิ่งระยะไกลทั้งเพศชายและหญิง จำนวน 34 คน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกหลังเลิกงานจำนวน 17 คน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกในสุปดาห์จำนวน 17 คน โดยในกลุ่มที่ได้รับการฝึกในสุปดาห์ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งต่อเนื่อง 2 ชั่วโมงครึ่ง 2 วันต่อสัปดาห์ ส่วนในกลุ่มที่ได้รับการฝึกหลังเลิกงาน ได้รับการฝึกวิ่งด้วยระดับที่หนัก 30 นาที จำนวน 4 วันต่อสัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกที่ระดับหนักหลังเลิกงงานมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการใช้อออกซิเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันของการทดสอบวิ่งระยะครึ่งมาราธอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทากาดะและคณะ (Takada et al., 2012) ได้ศึกษาผลของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีความหนักต่ำในนักวิ่งมาราธอนและนักวิ่งระยะสั้น โดยมีกลุ่มทดลองเป็นเพศชายอายุ 20 ปีจำนวน 12 คนประกอบไปด้วยกลุ่มนักวิ่งระยะสั้น 6 คนและนักวิ่งมาราธอน 6 คนโดยให้กลุ่มตัวอย่างฝึกด้วยท่างุ้มปลายเท้า (Unilateral plantarflexion) จำนวน 30 ครั้งต่อนาที โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ระดับความหนักร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) กลุ่มที่มีระดับความหนักร้อยละ 65 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM), กลุ่มที่มีการฝึกระดับความหนักร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้งร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตระยะเวลา 2 นาที

และกลุ่มที่มีการฝึกระดับความหนักร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตระยะเวลา 3 นาที ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มนักวิ่งมาราธอนมีการพัฒนาของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen uptake) ที่ดีกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะสั้น

ซูบาและคณะ (Milosz Czuba et al., 2013) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนังสูงในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีผลต่อความสามารถทางแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสเกตบอลจำนวน 12 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน กลุ่มแรกได้รับการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำเทียบเท่าความสูง 2,500 เมตร และกลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกในสภาวะปริมาณอากาศปกติที่ระดับน้ำทะเล ฝึกจำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 นาที ที่ความหนัก 90% vVO_2max ฝึกจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำสามารถพัฒนาความสามารถทางแอโรบิกได้เพิ่มขึ้นที่ระดับน้ำทะเล

เฟลิเป้และคณะ (Felipe et al., 2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตระหว่างการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำและการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงเพื่อศึกษาความแข็งแรงและมวลของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุเพศชายจำนวน 14 คนและผู้สูงอายุเพศหญิงจำนวน 9 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำและกลุ่มที่ใช้การฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง โดยให้กลุ่มที่ใช้การฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงฝึกด้วยท่าถีบขา 45 องศา (45 Degree leg press) ระดับความหนักร้อยละ 70 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) ใน 6 สัปดาห์แรกและเพิ่มเป็นร้อยละ 80 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) ฝึกจำนวน 10 ครั้ง 4 ยก ความถี่ 2 วันต่อสัปดาห์ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่วนในกลุ่มที่ฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำใช้ระดับความหนักร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) ใน 6 สัปดาห์แรก และเพิ่มเป็นร้อยละ 30 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (1-RM) โดยทำการฝึก 4 ยก ยกแรกจำนวน 30 ครั้ง ยกที่เหลือทำการฝึกจำนวน 15 ครั้งโดยใช้สายรัดขนาด 18 เซนติเมตรรัดบริเวณโคนต้นขา (Inguinal fold region) โดยความดันที่ใช้คิดเป็นร้อยละ 50 ของค่าความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงสูงสุดบริเวณต้นขา (Maximum tibial artery pressure) โดยทั้ง 2 กลุ่มจะมีเวลาพักระหว่างยก 1 นาทีและมีความถี่ในการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของทั้งมวลและความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ของกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำมากกว่ากลุ่มที่ฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักสูง

คารอสและคณะ (Carlos et al., 2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศชายจำนวน 26 คน ที่มีสุขภาพแข็งแรง โดยแบ่งการฝึกออกเป็น กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำ (40% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันต่ำ (40% AOP) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำ (40% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันสูง (80% AOP) โดยทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการฝึกท่าเหยียดขา (Leg extension) จำนวน 15 ครั้งต่อชุด ทั้งหมด 3 ชุด จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยทำการจำกัดการไหลของเลือดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุดของต้นขา (Inguinal fold region) พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำ (40% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันสูง (80% AOP) มีการเพิ่มขึ้นของความค่าเร่งสูงสุดในท่าเหยียดขา (Leg extension) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เดเนียลและคณะ (Daniel et al., 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกวิ่งระยะสั้นร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดในนักกีฬาวิ่ง 100 เมตร เพศชาย ที่ได้รับการฝึกอย่างดี จำนวน 24 คน โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มที่ได้รับการฝึกวิ่งระยะสั้นร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด จำนวน 12 คน และกลุ่มที่ได้รับฝึกวิ่งอย่างเดียว จำนวน 12 คน โดยทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการฝึกวิ่ง 100 เมตร จำนวน 6 รอบที่ระดับความหนัก 60 – 70% ของความเร็วสูงสุดในการวิ่งระยะสั้น จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และกลุ่มที่ได้รับการฝึกวิ่งระยะสั้นร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด ได้รับการจำกัดการไหลของเลือดด้วยสายรัดแบบยางยืดโดยมีระดับความแน่น 7 เต็ม 10 พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกวิ่งระยะสั้นร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดสามารถทำเวลาในการวิ่งได้ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับฝึกวิ่งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกวิ่งระยะสั้นร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด มีขนาดของกล้ามเนื้อที่เลกตัส ฟีเมอร์ลิส (Rectus femoris) เพิ่มขึ้นเพียงกลุ่มเดียว แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดในการออกแรงท่าถีบขา (Leg press) ในทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปาตงและคณะ (Paton et al., 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตระหว่างการวิ่งต่อสมรรถภาพทางกายเชิงแอโรบิกและระยะเวลาต่อการเกิดความล้า โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 10 คนและเพศหญิงจำนวน 6 คนซึ่งมีอายุเฉลี่ย 24.9 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองซึ่งทำการฝึกจำนวน 2 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ซึ่งมีรูปแบบการฝึกคือในกลุ่มควบคุม ให้ทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วร้อยละ 80 ของค่าความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วจึงหยุดพักเป็นระยะเวลา 30 นาทีจำนวน 24 รอบและในกลุ่มทดลองจะเพิ่มการจำกัดการไหลเวียนโลหิตเข้าไปด้วยขณะฝึกโดยใช้กระบวนการจำกัดการไหลเวียนโลหิตของวิลสัน (Wilson et al., 2013) ผลการวิจัยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน

ของสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ความเร็วสูงสุดในการวิ่ง และความทนทานต่อความล้าขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ในทั้ง 2 กลุ่มแต่กลุ่มทดลองพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของค่าประสิทธิภาพในการวิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

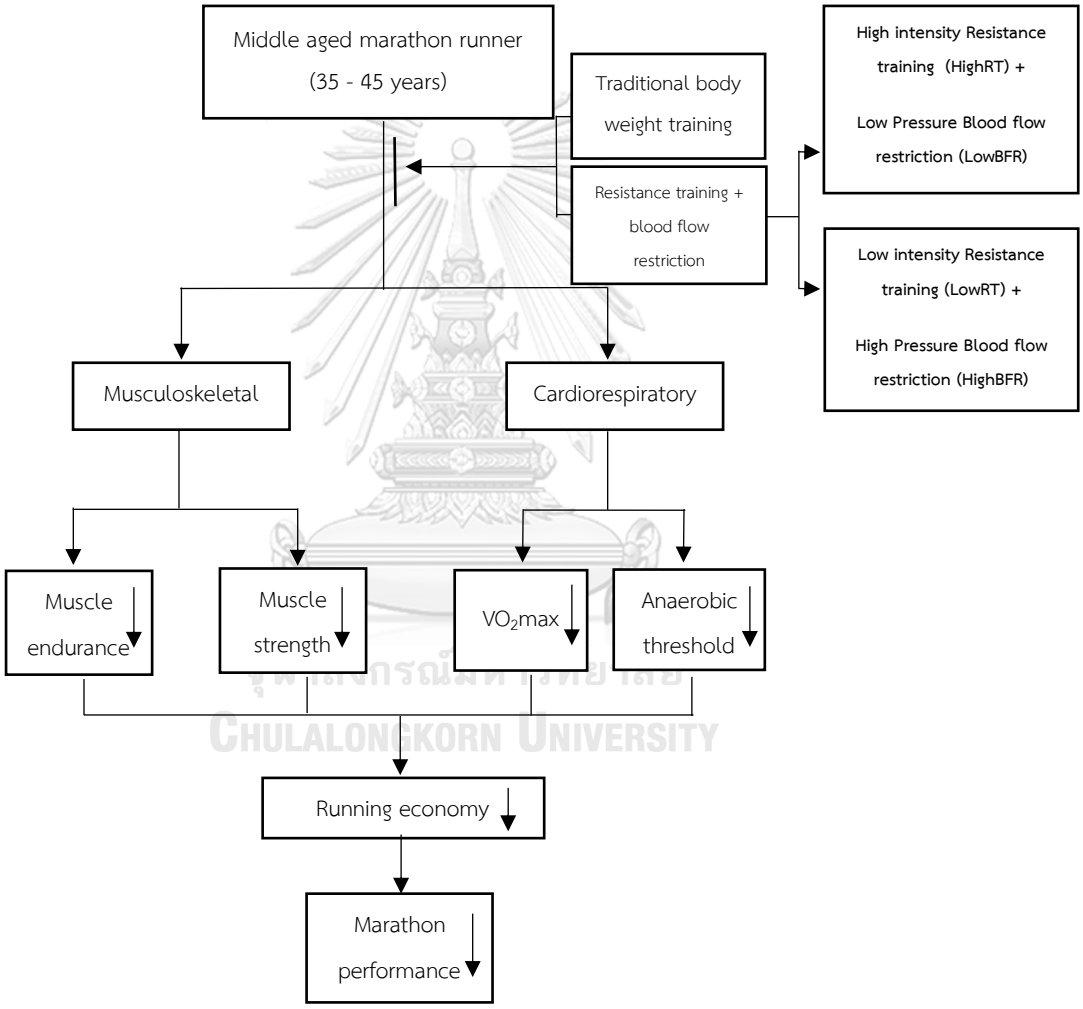
ริชาร์ทและคณะ (Richard et al., 2017) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์งานวิจัยด้วยวิธีวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) เกี่ยวกับการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของนักวิ่งระยะไกล พบว่า การเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความเร็วสูงสุดในการวิ่ง และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมททิวและคณะ (Matthew et al., 2018) ได้ศึกษาผลของการปรับตัวของกล้ามเนื้อต่อการฝึกด้วยแรงต้านระดับต่ำ (15% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (80% AOP) เปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง (70% 1-RM) ในวัยรุ่นอายุระหว่าง 18 -35 ปี ที่มีสุขภาพดี จำนวน 40 คน ด้วยการฝึกด้วยแรงต้านท่าเหยียดเข่า (Leg extension) ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ด้วยการออกแรงจนล้ามากที่สุด จำนวน 4 ชุด 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านระดับต่ำ (15% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (80% AOP) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร่งสูงสุดในการทดสอบเหยียดขาด้วยความเร็ว 60 องศาต่อวินาทีคงที่ (Isokinetic MVC) แตกต่างจากกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง (70% 1-RM) ที่มีค่าความเร่งสูงสุดในการทดสอบเหยียดขาด้วยความเร็ว 60 องศาต่อวินาทีคงที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

นักวิ่งมาราธอนวัยกลางคนมีความแข็งแรงและความทนทานของระบบกล้ามเนื้อต่ำ ความสามารถในการใช้ออซิเจนสูงสุด ระดับกั้นแอนแอโรบิก และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งลดลงจากอายุที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้นักวิ่งมาราธอนวัยกลางคนมีความสามารถในการทำความเร็วในการแข่งขันวิ่งมาราธอนลดลง จึงเป็นที่น่าสนใจทำการศึกษาผลการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตและเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านเพียงอย่างเดียวว่ามีผลอย่างไรต่อความสามารถในการวิ่งในนักกีฬาวิ่งมาราธอนวัยกลางคน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคนโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการประชุมครั้งที่ 7/2563 เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63 (ภาคผนวก ก) ซึ่งมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักวิ่งมาราธอนวัยกลางคนอายุ 35 – 45 ปี (Jignesh, Ankit and Punit, 2014)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักวิ่งมาราธอนทั้งเพศชายและหญิง ตั้งแต่อายุ 35 ถึง 45 ปี จากการประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยผ่านทางโซเชียลมีเดีย ได้แก่ เฟซบุ๊ก เป็นต้น และติดต่อประชาสัมพันธ์ชมรมวิ่งอิสระด้วยตนเอง โดยผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยที่ระบุในสื่อประชาสัมพันธ์ กำหนดค่าแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลตัวแปรจากงานวิจัยของทากาดะ (Takada, 2013) โดยกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Portable error; α) ที่ 0.05 ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size; **d**) ที่ 0.34 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 27 คน (ภาคผนวก ข) แต่เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 3 คน (30%) ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 36 คน จำแนกเป็นกลุ่มละ 12 คน การสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (Body weight training; BW)

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (High-intensity resistance training combine with low pressure blood flow restriction; HRT+ LBFR)

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง จำนวน 12 คน ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (Low-intensity resistance training combine with high pressure blood flow restriction; LRT+ HBFR)

วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) โดยแยกประชากรออกเป็นกลุ่มประชากรย่อยซึ่งหน่วยประชากรในแต่ละชั้นภูมิจะมีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous) จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับสลาก (Simple random sampling) โดยจับสลากจากรายชื่อประชากรทั้งหมดเพื่อเลือกเข้ากลุ่ม และมีความเท่าเทียมกันของทั้ง 3 กลุ่ม โดยรายละเอียดการสุ่มมีดังนี้

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้นมีตัวบ่งชี้ 2 ตัว ดังนี้

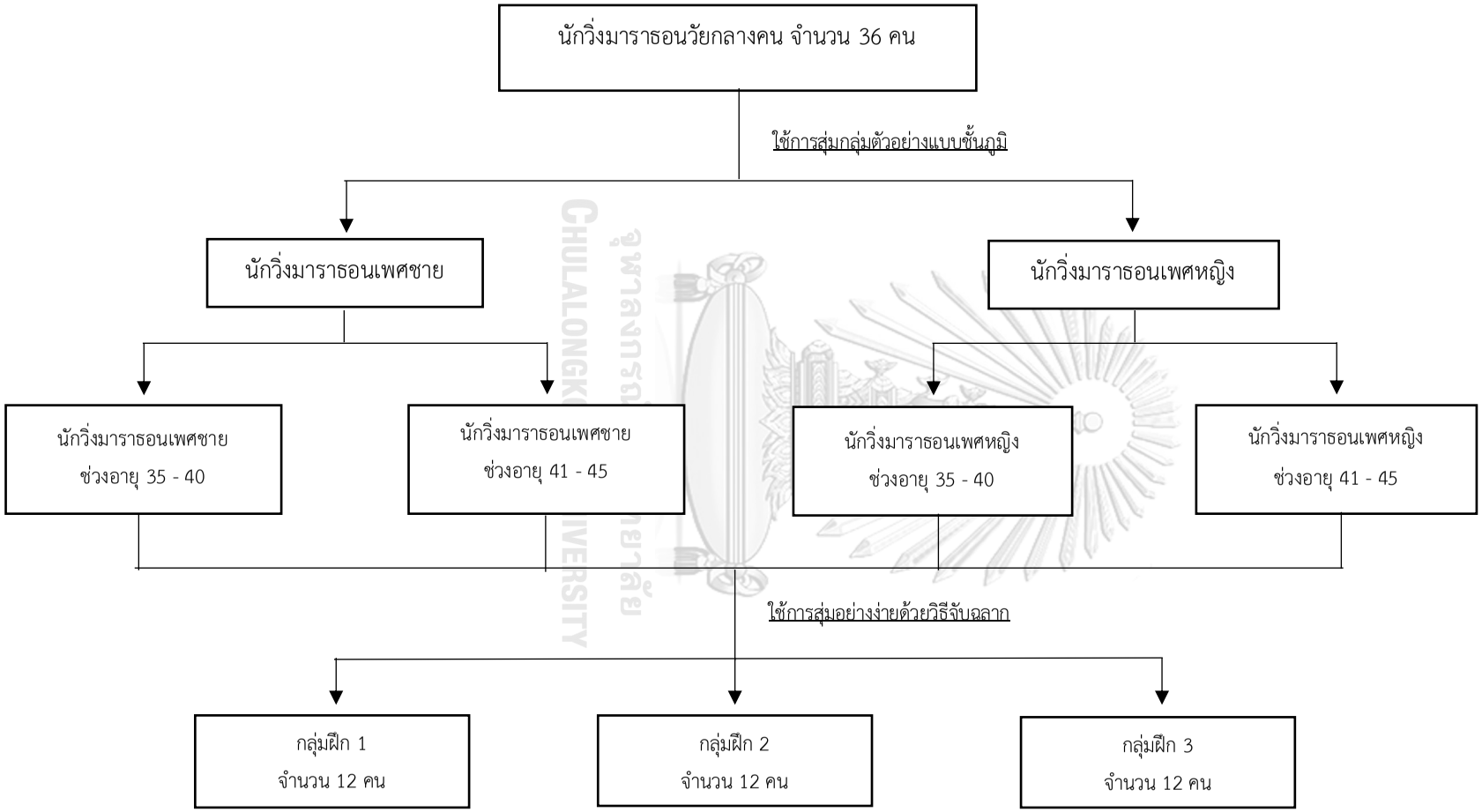
1. เพศ (Gender) แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง
2. อายุ แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ อายุระหว่าง 35 - 40 ปี และอายุระหว่าง 41-45 ปี

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบชั้นภูมิคัดเลือกโดยตัวบ่งชี้ 1 ตัว คือ เพศ แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง โดยแบ่งชั้นตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดจะได้ 2 ลำดับขั้น โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

A. อายุ 35 – 40 ปี เพศหญิง
B. อายุ 35 - 40 ปี เพศชาย
C. อายุ 41 – 45 ปี เพศหญิง
D. อายุ 41 – 45 ปี เพศชาย

จากนั้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างผ่านการคัดเลือกเข้ามาในกลุ่มชั้นแล้ว กลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในกลุ่มชั้นจะทำการจับสลากเลือกเข้ากลุ่มฝึกที่ 1 กลุ่มฝึกที่ 2 กลุ่มฝึกที่ 3 ด้วยการกำหนดหมายเลขประจำตัวให้แก่สมาชิกทุกหน่วยในประชากรแล้วนำหมายเลขประจำตัวของสมาชิกมาจัดทำเป็นฉลาก จับฉลากขึ้นมาทีละหมายเลขจนกระทั่งครบจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ โดยฉลากที่จับมาแล้วจะนำใส่คืนเพื่อให้จำนวนประชากรที่สุ่มมีจำนวนเท่าเดิม โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังรูปที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria)

1. เป็นนักวิ่ง เพศชายและเพศหญิง อายุ 35 – 45 ปี

2. เคยเข้าร่วมและจบการแข่งขันวิ่งมาราธอนมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยใช้เวลาน้อยกว่า 7 ชั่วโมงในการแข่งขันวิ่งมาราธอน

3. สามารถฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 เดือน และระยะทางรวมอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์

4. ผ่านแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย ทุกข้อ (ภาคผนวก ง)

5. ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ลมชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น

6. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากอุบัติเหตุและการออกกำลังกายอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน

7. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและยินดีลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย (ภาคผนวก ค)

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

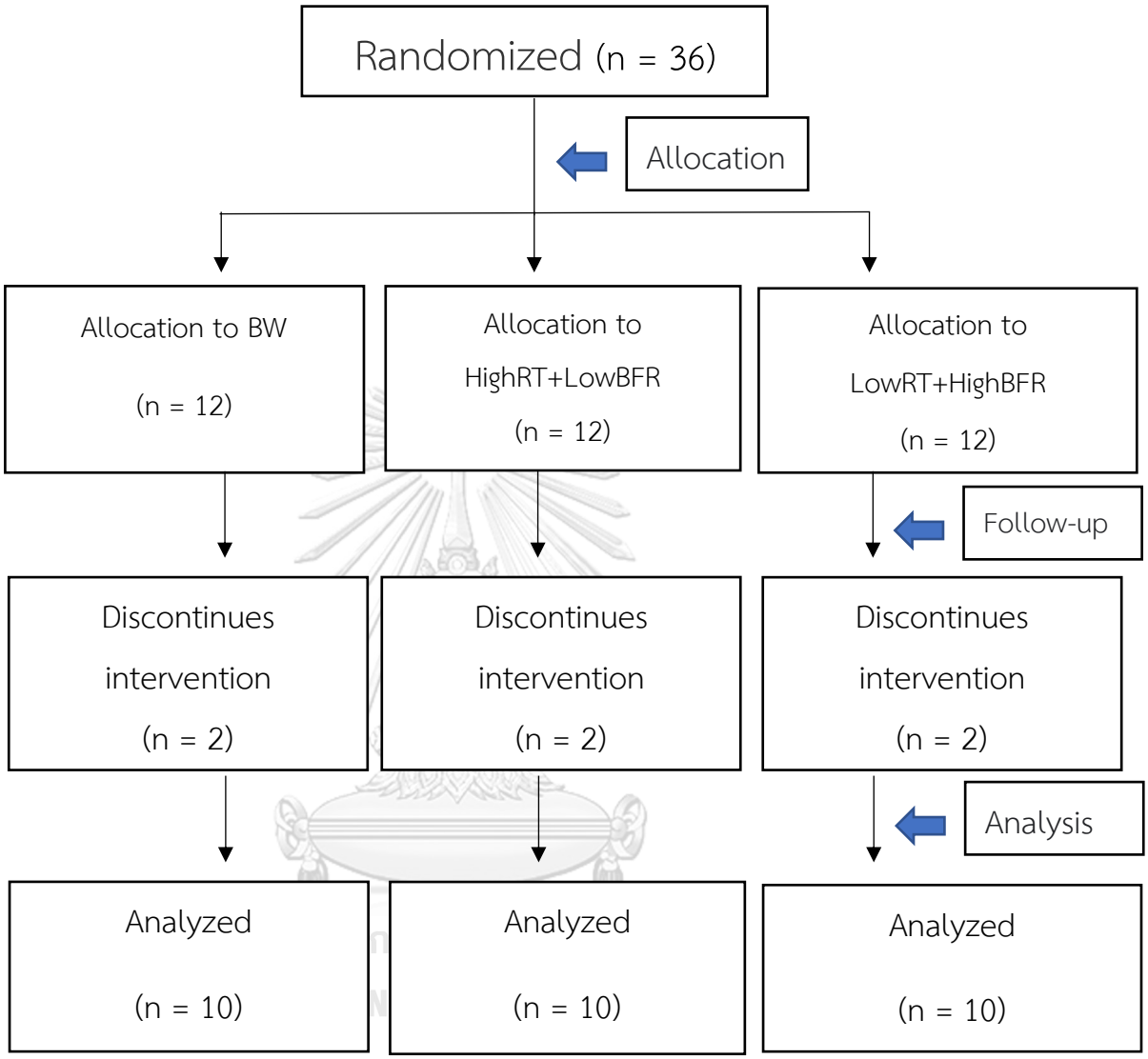
1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าร่วมการฝึกไม่ถึงร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกหรือจำนวน 48 ครั้ง จากทั้งหมด 60 ครั้งตลอดช่วงระยะเวลาการฝึก ประกอบไปด้วยการฝึกวิ่งด้วยตนเอง จำนวน 29 ครั้ง จากทั้งหมด 36 ครั้งและการฝึกด้วยแรงต้านจำนวน 19 ครั้ง จากทั้งหมด 24 ครั้ง

2. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไป เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรืออาการเจ็บป่วย เป็นต้น

3. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยการประชาสัมพันธ์ซึ่งมีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมากจากทั่วประเทศ แต่ด้วยข้อจำกัดในการฝึกที่ต่อเนื่องและต้องใช้สถานที่ฝึก ณ ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยจึงประกอบไปด้วยผู้ที่สะดวกมาทำการฝึกที่ห้องทดลอง ฯ ซึ่งอยู่บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นหลัก โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกผู้เข้าร่วม ฯ ออกเป็น 3 กลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการคัดเลือกที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นกลุ่มละ 12 คนรวม ทั้งหมด 36 คน ซึ่งภายหลังการทดลองระยะเวลา 3 เดือน มีผู้ออกจากการวิจัยกลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน ด้วยเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไปดังนี้ เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ 4 คน และเกิดอาการเจ็บป่วย 2 จึงไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

มาตรฐานรวมในการรายงานการทดลอง



รูปที่ 6 มาตรฐานรวมในการรายงานการทดลอง

6.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและประวัติการวิ่งมาราธอน (ภาคผนวก ค)

1.2 แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15 – 69 ปี (ภาคผนวก ง)

1.3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ (ภาคผนวก จ)

1.4 แบบบันทึกการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด (ภาคผนวก ฉ)

2. เครื่องมือสำหรับการทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ซ)

2.1 เครื่องมือวัดความสูง ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย ยี่ห้อ จาวอน รุ่น ไอโอไอ 353 (IOI 353, Jawon medical, korea)

2.2 เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล (Digital blood pressure) ยี่ห้อ จีอี เฮลแคร์ รุ่น Carescape V100 Dinamap ประเทศสหรัฐอเมริการ (Carescape V100 Dinamap, GE healthcare, USA)

2.3 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual-energy X-ray absorptiometry) ยี่ห้อจีอี เฮลแคร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (GE healthcare, USA)

3. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (ภาคผนวก ซ)

3.1 เครื่องวัดแรงไอโซคิเนติก (Isokinetic dynamometer) ยี่ห้อไบโอเดก ประเทศสหรัฐอเมริกา (Biodex, USA)

3.2 เครื่องฝึกกล้ามเนื้อแบบกระบอกลม ยี่ห้อไกเซอร์ รุ่นแอร์ 300 เบลท สควอท ประเทศสหรัฐอเมริกา (Air300 belt squat, Keiser, USA)

3.3 กล่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box)

3.4 นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อคาซิโอ้ รุ่นเอชเอส 80 ทีดับบิว ประเทศญี่ปุ่น (HS-30W, Casio, Japan)

3.5 เก้าอี้ 4 ขา ความสูง 43 เซนติเมตร

4. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก (ภาคผนวก ซ)

4.1 ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อเทรคมาสเตอร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Trackmaster, USA)

4.2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Breath by breath Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อวีแม๊กซ์ รุ่นเอนคอร์ 29 ประเทศสหรัฐอเมริกา (Encore 29, Vmax, USA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ รุ่นโอเฮช 1 ประเทศฟินแลนด์ (Polar® OH1, Polar, Finland)

5. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพของการวิ่งมาราธอน (ภาคผนวก ซ)

5.1 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ รุ่นโอเฮช 1 ประเทศฟินแลนด์ (Polar® OH1, Polar, Finland)

5.2 กรวยบอกระยะทาง

5.3 นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อคาซิโอ้ รุ่นเอชเอส 80 ทีดับบิว ประเทศญี่ปุ่น (HS-30W, Casio, Japan)

6. เครื่องมือสำหรับวัดค่าความดันที่ใช้จำกัดการไหลของเลือด (ภาคผนวก ซ)

6.1 เครื่องบันทึกภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonography) ยี่ห้อฟิลลิปส์ รุ่น ซีเอ็กซ์ 50 ประเทศสหรัฐอเมริกา (CX-50, Philips, Andover, MA, USA)

6.2 สายรัดชนิดแรงดันลม (Vascular cuffs) ยี่ห้อโฮเคนซัน ชนิดปล้องตรง (Straight segmental) รุ่น SC10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (SC10, Hokanson, USA) ซึ่งมีความกว้าง 11 เซนติเมตร และความยาว 85 เซนติเมตร

6.3 เครื่องวัดความดันแบบพกพา (Sphygmomanometer) ยี่ห้อเอ็มดีเอฟ รุ่น MDF11 ประเทศเยอรมนี (MDF, Germany)

7. เครื่องมือสำหรับการฝึก (ภาคผนวก ช)

7.1 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ รุ่นโอเฮช 1 ประเทศฟินแลนด์ (Polar® OH1, Polar, Finland)

7.2 สายรัดชนิดแรงดันลม (Vascular cuffs) ยี่ห้อโฮเคนซัน ชนิดปล้องตรง (Straight segmental) รุ่น SC10 ประเทศสหรัฐอเมริกา (SC10, Hokanson, USA) ซึ่งมีความกว้าง 11 เซนติเมตรและความยาว 85 เซนติเมตร

7.3 เครื่องวัดความดันแบบพกพา (Sphygmomanometer) ยี่ห้อเอ็มดีเอฟ รุ่น MDF11 ประเทศเยอรมนี (MDF11, MDF, Germany)

7.4 อุปกรณ์ฝึกด้วยแรงต้าน ได้แก่ โอลิมปิกบาร์เบล แผ่นน้ำหนัก ขนาด 2.5, 5 และ 10 กิโลกรัม

7.5 อุปกรณ์ควบคุมจังหวะ (Metronome)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนโดยจำแนกตามกลุ่มตัวอย่าง

2.1 โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (Body weight training; BW)

2.2 โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (Low-intensity resistance training combine with high pressure blood flow restriction ; LR-HBFR)

2.3 โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (High-intensity resistance training combine with Low pressure blood flow restriction ; HR+LBFR)

3. นำโปรแกรมการฝึกทั้ง 3 โปรแกรมไปพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อหาความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Index of item - Objective Congruence; IOC) และปรับปรุงโปรแกรมการฝึกให้มีความเหมาะสม โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยจำนวน 5 ท่าน ได้แก่

3.1 ศัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์	จำนวน 1 ท่าน
3.2 ผู้เชี่ยวชาญทางกายภาพบำบัด	จำนวน 1 ท่าน
3.3 ผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์การกีฬา (กรีฑา)	จำนวน 3 ท่าน

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทำการพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของเนื้อหามีคะแนนรวมเท่ากับ 0.83 (ภาคผนวก ฌ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ดำเนินการติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5. ดำเนินการจัดเตรียมอุปกรณ์การฝึก ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ดำเนินการหากลุ่มตัวอย่างโดยการประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยผ่านทางฝ่ายประชาสัมพันธ์ทางโซเชียลมีเดีย คือ เฟซบุ๊ก ไลน์ รวมถึงติดต่อชมรมวิ่งต่าง ๆ

ด้วยตนเองโดยผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยที่ระบุในเอกสารประชาสัมพันธ์

7. ดำเนินการชี้แจงรายละเอียดการดำเนินงานวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

8. ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง แจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงรายละเอียดวิธีการปฏิบัติตัวในการทดสอบและการเก็บข้อมูล การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างและลงนามหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้วิจัยจะทำการชี้แจงข้อมูลตลอดจนตอบข้อสงสัยของผู้เข้าร่วมการวิจัยให้เกิดความเข้าใจและให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตัดสินใจเข้าร่วมโดยอิสระก่อนลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

9. ดำเนินคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยกรอกข้อมูลดังต่อไปนี้ ซึ่งใช้ระยะเวลารวมประมาณ 15 นาที

9.1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและประวัติการวิ่งมาราธอน

9.2 แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (อายุ 15-69 ปี) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องตอบ ไม่ ในทุกข้อจึงผ่านเกณฑ์การประเมิน

10. การดำเนินการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) ณ ห้องปฏิบัติการแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสวนวชิรเบญจทัศ ที่มีอุปกรณ์ช่วยชีวิตเป็นเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ ซึ่งมีผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย 2 คน ประกอบด้วยนิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 1 คน และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ 1 คน รวมจำนวนทั้งสิ้น 3 คน เป็นผู้ดูแลการทดสอบทุกครั้ง โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยควรพักผ่อนโดยการนอนหลับเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงและรับประทานอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยจะทำการวัดตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

10.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ซึ่งใช้ระยะเวลารวมประมาณ 1 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1) วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในท่านั่ง มีหน่วยเป็นครั้งต่อวินาที ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวในท่านั่ง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาทีก่อนการทดสอบ

2) วัดส่วนสูง ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายยี่ห้อ จาวอน รุ่นไอโอไอ 353 (Jawon medical, IOI 353, korea) ใช้ระยะเวลาประมาณ 5 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ชั่งน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual-energy X-ray absorptionmetry; DEXA) ใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที

10.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย

1) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

- ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบ Knee extension-flexion ออกแรงแบบ isokinetic อัตราเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ด้วยอุปกรณ์ Isokinetic dynamometer (Biodex, USA) (ภาคผนวก ญ) ซึ่งใช้ระยะเวลารวมประมาณ 10 นาที

- ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงท่าสควอท (Squat) ด้วยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อแบบกระบอกลม ยี่ห้อไกเซอร์ รุ่นแอร์ 300 เบลท สควอท ประเทศสหรัฐอเมริกา (Keiser, Air300 belt squat, USA) (ภาคผนวก ญ) ซึ่งใช้ระยะเวลารวมประมาณ 30 นาที

2) การทดสอบความทนทานของกล้ามเนื้อขา โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบ ลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที (60 second Sit to stand test) (ภาคผนวก ฎ) ใช้ระยะเวลารวมประมาณ 5 นาที

3)การทดสอบความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee extension-flexion ออกแรงแบบ isokinetic (ภาคผนวก ฎ) ที่อัตราเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที ด้วยอุปกรณ์ Isokinetic dynamometer (Biodex, USA) ซึ่งใช้ระยะเวลารวมประมาณ 10 นาที

4) การทดสอบความทนทานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบซอเรนเซน (Sorensen test) การทดสอบพับสะโพกค้าง (Trunk flexor endurance test) และ การทดสอบไซต์บริดจ์ (Side bridge test) (Hazar Kanik et al., 2017) (ภาคผนวก ฐ) ใช้ระยะเวลารวมประมาณ 10 นาที

5)การทดสอบความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบในท่านั่งงอสะโพก (Sit and reach test) (ภาคผนวก ฏ)

10.3 ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก ใช้ระยะเวลารวมประมาณ 1 ชั่วโมง

การวิจัยครั้งนี้ทดสอบตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกโดยการประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ภาคผนวก ฑ) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อวีแม๊ก ประเทศสหรัฐอเมริกา (Vmax, USA) ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบขณะวิ่งบนลู่กลและวิเคราะห์ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซร่วมการการออกกำลังกายแบบขั้น ทำการทดสอบโดยเริ่มต้นวิ่งบนลู่กลที่ความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที แล้วจึงเพิ่มความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที

ทุก 5 นาที จนกระทั่งเหนื่อย จนออกกำลังกายต่อไปไม่ไหว หรืออัตราการเต้นของหัวใจไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีความชันขณะทดสอบที่ 1% เพื่อจำลองการวิ่งให้ใกล้เคียงกับการวิ่งนอกสถานที่ (Alexander ferrauti et al., 2010)

วิเคราะห์ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก ดังนี้

1) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที

2) อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น ครั้งต่อนาที

3) ระดับกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold; AT)

10.4 ตัวแปรด้านสมรรถภาพของการวิ่งมาราธอน ประกอบด้วย

1) ระยะเวลาของการวิ่งมาราธอน โดยวิเคราะห์จากการให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบวิ่งเป็นระยะทาง 42.195 กิโลเมตร เสมือนการแข่งขันมาราธอนจริงโดยทำเวลาให้ดีที่สุด ซึ่งผู้วิจัยจะทำบันทึกสภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการเต้นของหัวใจและความค่าเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion) ขณะทำการทดสอบ อีกทั้งบอกระยะทางแก่ผู้ถูกทดสอบเมื่อวิ่งครบ 1 กิโลเมตร (United States Association of Track and Field certified route, certification number OH03006PR) และทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ ความเร็วและระยะทาง โดยทำการบันทึกข้อมูลทุกระยะทาง 1 กิโลเมตร ทำการทดสอบที่สวนวชิรเบญจทัศ ช่วงเวลา 05.00 – 12.00 น. ซึ่งสนามทดสอบจะมีการทำตำแหน่งทุก 1,000 เมตรเพื่อช่วยให้ผู้ทดสอบสามารถกำหนดความเร็วด้วยตนเองง่ายยิ่งขึ้น (Daniel et al., 2011) ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ระยะเวลาไม่เกิน 7 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรณีที่ผู้เข้าร่วมการทดสอบไม่สามารถวิ่งได้ครบตามระยะทางที่กำหนด โดยทำการบันทึกระยะเวลาและระยะสูงสุดที่ทำได้จริง และนำค่าที่ได้มาคำนวณระยะเวลาของการวิ่งมาราธอนจากสมการ (Vickers and Vertosick, 2016)

$$T_y = T_x \left[\frac{D_y}{D_x}\right]^k$$

T_y คือ ระยะเวลาการวิ่งมาราธอนจากการคำนวณ (ชั่วโมง:นาที:วินาที)

T_x คือ ระยะเวลาการวิ่งตามระยะทางที่ทำได้ (ชั่วโมง:นาที:วินาที)

D_y คือ ระยะทางการวิ่งมาราธอน เท่ากับ 42.195 กิโลเมตร (กิโลเมตร)

D_x คือ ระยะทางการวิ่งที่ทำได้ (กิโลเมตร)

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความล้า (Fatigue factor) กำหนดค่าคงที่ เท่ากับ 1.07

2) ค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (Running economy) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซร่วมการการออกกำลังกายแบบความหนักคงที่ ทำการประเมินความสามารถการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่ำกว่าจุดกั้นแอนแอโรบิก (Foster and Lucia, 2007) ในงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบโดยการวิ่งบนลู่กลด้วยความเร็วคงที่ เท่ากับ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่งคิดจากค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจน 30 วินาทีสุดท้ายของการทดสอบ (R. Silva et al., 2017) ซึ่งการทดสอบนี้ใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 30 นาที

10.5 ความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น

ความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (Passive arterial occlusion pressure; AOP) มีวิธีการวัดโดยการใช้เครื่องอัลตราซาวน์ (Ultrasound machine) และหัวตรวจ (Doppler probe transducers) เพื่อศึกษาถึงลักษณะการไหลเวียนและความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดง Popliteal โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือด (Time average mean velocity; TAMV) และคำนวณปริมาณการไหลของเลือดจากสูตรดังต่อไปนี้ Blood flow volume = TAMV x π x $(r)^2$ x 60 (Hunt et al., 2016) หลังจากนั้น ทดสอบค่าความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (AOP) โดยใช้แถบสายรัด (Cuff) ที่เป็นอุปกรณ์ในการฝึกพันรอบบริเวณต้นขา และทำการวัดแรงดันที่ใช้ปิดกั้นการไหลเวียนโลหิต มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท (Laurentino et al., 2012; Corvino et al., 2017)

11. ผู้วิจัยได้พูดคุยและทำความเข้าใจกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 3 กลุ่มถึงโปรแกรมการฝึกตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ตามโครงการวิจัยที่ถูกต้อง ซึ่งทำการฝึกซ้อมที่ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มหาวิทยาลัย และสนามกีฬา สวนสาธารณะ หรือสนามฝึกซ้อมอื่น ๆ ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสะดวกที่มีระดับความชันไม่เกิน 1% โดยมีรายละเอียดรูปแบบการฝึกของทั้ง 3 กลุ่ม ดังนี้

1. โปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนที่ผู้วิจัยกำหนดให้ทุกกลุ่มทำการฝึกด้วยตนเอง ประกอบไปด้วย

1.1 ฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งแบบสลับความช่วงความเร็ว จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์ (ภาคผนวก ท)

1.2 ฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งแบบความเร็วคงที่จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์ (ภาคผนวก ธ)

1.3 ฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งระยะไกล จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์โดย (ภาคผนวก น)

2. โปรแกรมฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (Body weight) จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ให้ผู้ฝึกทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะ 15 นาที

2.2 ให้ผู้ฝึกทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ภาคผนวก ด)

2.3 ให้ผู้ฝึกทำการฝึกด้วยแรงต้าน (ภาคผนวก ต) มีรายละเอียดดังนี้

1)	ระดับความหนัก	น้ำหนักตัว	
2)	จำนวนการฝึก	15	ครั้งต่อชุด
3)	จำนวนชุด	4	ชุด
4)	ระยะเวลาพักระหว่างชุด	60	วินาที
5)	จังหวะการออกแรง	2:2	วินาที

2.4 ให้ผู้ฝึกทำการวิ่งอย่างง่ายที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที

2.5 ให้ผู้เข้ารับการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่ง (ภาคผนวก ถ)

โดยโปรแกรมการฝึกแสดงดังในตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 โปรแกรมการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

วัน/สัปดาห์	**วันที่ 1** Rest	***วันที่ 2** Interval run (Run:Rest)sec., vVO_2max	***วันที่ 3** Resistance training (RT) +Easy run	**วันที่ 4** Rest	***วันที่ 5** Tempo run 90-95% vVO_2max	***วันที่ 6** Resistance training (RT) +Easy run	****วันที่ 7** Long run 80-85% vVO_2max
1	Rest	(60:60)x15, 95-100%	Body weight	Rest	20 min.	Body weight	13.8 k
2	Rest	(60:60)x15, 95-100%	Body weight	Rest	20 min.	Body weight	15.3 k
3	Rest	(60:60)x15, 95-100%	Body weight	Rest	20 min.	Body weight	17 k
4	Rest	(60:60)x15, 95-100%	Body weight	Rest	20 min.	Body weight	18.9 k
5	Rest	(60:60)x15, 100-105%	Body weight	Rest	25 min.	Body weight	21 k
6	Rest	(60:60)x15, 100-105%	Body weight	Rest	25 min.	Body weight	23.3 k
7	Rest	(60:60)x15, 100-105%	Body weight	Rest	25 min.	Body weight	25.9 k
8	Rest	(60:60)x15, 100-105%	Body weight	Rest	25 min.	Body weight	28.8 k
9	Rest	(60:60)x15, 105-115%	Body weight	Rest	30 min.	Body weight	32k
10	Rest	(60:60)x15, 105-115%	Body weight	Rest	30 min.	Body weight	32k
11	Rest	(60:60)x15, 105-115%	Body weight	Rest	30 min.	Body weight	32k
12	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	Body weight	Rest	30 min.	Body weight	32k

*ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมประมาณ 1 ชั่วโมง **ระยะเวลาในการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. โปรแกรมฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูง (70% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (40% AOP) จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีรายละเอียดการฝึกดังต่อไปนี้

3.1 ให้ผู้ฝึกทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะ 15 นาที

3.2 ให้ผู้ฝึกทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ภาคผนวก ด)

3.3 ให้ผู้ฝึกทำการจำกัดการไหลเวียนของเลือด มีรายละเอียดดังนี้

1) ใช้สายรัดแรงดันลม ชนิดปล้องตรง ความกว้าง 11 เซนติเมตรและความยาว 85 เซนติเมตร

2) รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุด (Proximally) ของต้นขาโดยต่ำกว่าบริเวณโคนขา (Inguinal fold) เล็กน้อยประมาณ 10 เซนติเมตร

3) ใช้ค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ที่ร้อยละ 40

4) ทำการจำกัดการไหลของเลือดตลอดระยะเวลาการฝึกของแต่ละท่าฝึก

3.4 ให้ผู้ฝึกทำการฝึกด้วยแรงต้าน (ภาคผนวก ต) มีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับความหนัก	70%	1-RM
2) จำนวนการฝึก	15	ครั้งต่อชุด
3) จำนวนชุด	4	ชุด
4) ระยะเวลาพักระหว่างชุด	60	วินาที
5) จังหวะการออกแรง	2:2	วินาที

3.5 ให้ผู้ฝึกทำการวิ่งอย่างง่ายที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที

3.6 ให้ผู้เข้ารับการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่ง (ภาคผนวก ถ)

โดยโปรแกรมการฝึกแสดงดังในตารางที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แผนการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ

วัน/สัปดาห์	วันที่ 1 Rest	*วันที่ 2 Interval run (Run:Rest)sec., vVO$_2$max	*วันที่ 3 Resistance training +Easy run	วันที่ 4 Rest	*วันที่ 5 Tempo run 90-95% vVO$_2$max	*วันที่ 6 Resistance training +Easy run	**วันที่ 7 Long run 80-85% vVO$_2$max
1	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	HRT+LBFR	Rest	20 min.	HRT+LBFR	13.8 k
2	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	HRT+LBFR	Rest	20 min.	HRT+LBFR	15.3 k
3	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	HRT+LBFR	Rest	20 min.	HRT+LBFR	17 k
4	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	HRT+LBFR	Rest	20 min.	HRT+LBFR	18.9 k
5	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	HRT+LBFR	Rest	25 min.	HRT+LBFR	21 k
6	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	HRT+LBFR	Rest	25 min.	HRT+LBFR	23.3 k
7	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	HRT+LBFR	Rest	25 min.	HRT+LBFR	25.9 k
8	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	HRT+LBFR	Rest	25 min.	HRT+LBFR	28.8 k
9	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	HRT+LBFR	Rest	30 min.	HRT+LBFR	32k
10	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	HRT+LBFR	Rest	30 min.	HRT+LBFR	32k
11	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	HRT+LBFR	Rest	30 min.	HRT+LBFR	32k
12	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	HRT+LBFR	Rest	30 min.	HRT+LBFR	32k

*ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมประมาณ 1 ชั่วโมง **ระยะเวลาในการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. โปรแกรมฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำ (20% 1-RM) ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (80% AOP) จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงต่อวัน โดยมีรายละเอียดการฝึกดังต่อไปนี้

4.1 ให้ผู้ฝึกทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะ 15 นาที

4.2 ให้ผู้ฝึกทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ภาคผนวก ด)

4.3 ให้ผู้ฝึกทำการจำกัดการไหลเวียนของเลือด มีรายละเอียดดังนี้

1) ใช้สายรัดแรงดันลม ชนิดปล้องตรง ความกว้าง 11 เซนติเมตรและความยาว 85 เซนติเมตร

2) รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุด (Proximally) ของต้นขาโดยต่ำกว่าบริเวณโคนขา (Inguinal fold) เล็กน้อยประมาณ 10 เซนติเมตร

3) ใช้ค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลเวียนของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์ที่ร้อยละ 80

4) ทำการจำกัดการไหลของเลือดตลอดระยะเวลาการฝึกของแต่ละท่าฝึก

4.4 ให้ผู้ฝึกทำการฝึกด้วยแรงต้าน (ภาคผนวก ต) มีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับความหนัก	20%	1-RM
2) จำนวนการฝึก	15	ครั้งต่อชุด
3) จำนวนชุด	4	ชุด
4) ระยะเวลาพักระหว่างชุด	60	วินาที
5) จังหวะการออกแรง	2:2	วินาที

4.5 ให้ผู้ฝึกทำการวิ่งอย่างง่ายที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที

4.6 ให้ผู้เข้ารับการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่ง (ภาคผนวก ถ)

โดยโปรแกรมการฝึกแสดงดังในตารางที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 แผนการฝึกของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง

วัน/สัปดาห์	วันที่ 1 Rest	*วันที่ 2 Interval run (Run:Rest)sec., vVO$_2$max	*วันที่ 3 Resistance training +Easy run	วันที่ 4 Rest	*วันที่ 5 Tempo run 90-95% vVO$_2$max	*วันที่ 6 Resistance training +Easy run	**วันที่ 7 Long run 80-85% vVO$_2$max
1	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	LRT+HBFR	Rest	20 min.	LRT+HBFR	13.8 k
2	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	LRT+HBFR	Rest	20 min.	LRT+HBFR	15.3 k
3	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	LRT+HBFR	Rest	20 min.	LRT+HBFR	17 k
4	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	LRT+HBFR	Rest	20 min.	LRT+HBFR	18.9 k
5	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	LRT+HBFR	Rest	25 min.	LRT+HBFR	21 k
6	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	LRT+HBFR	Rest	25 min.	LRT+HBFR	23.3 k
7	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	LRT+HBFR	Rest	25 min.	LRT+HBFR	25.9 k
8	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	LRT+HBFR	Rest	25 min.	LRT+HBFR	28.8 k
9	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	LRT+HBFR	Rest	30 min.	LRT+HBFR	32k
10	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	LRT+HBFR	Rest	30 min.	LRT+HBFR	32k
11	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	LRT+HBFR	Rest	30 min.	LRT+HBFR	32k
12	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	LRT+HBFR	Rest	30 min.	LRT+HBFR	32k

*ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมประมาณ 1 ชั่วโมง **ระยะเวลาในการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล

12. เมื่อครบกำหนดการฝึกของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ทำการนัดกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการทดลอง (ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยข้อ 10) ผู้วิจัยมอบเงินค่าพาหนะเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเข้าร่วมการฝึกแบบเหมาจ่ายเป็นจำนวน 1,000 บาทและค่าพาหนะเดินทางเพื่อมาทดสอบร่างกายทั้งก่อนและหลังการทดลองจำนวน 600 บาทและของที่ระลึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เป็นผ้าขนหนูสำหรับซับเหงื่อให้แก่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการยุติการวิจัย โดยใช้เวลารวมประมาณ 2 ชั่วโมง

6.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มทดลองจะได้รับการทดสอบร่างกายก่อนและหลังการทดลองนั้นมีรายละเอียดการทดสอบฯ เหมือนกัน ประกอบไปด้วยการเก็บข้อมูลตัวแปรทั้งหมด 6 ครั้ง โดยแบ่งเป็นก่อนการทดลอง 3 ครั้งและหลังการทดลอง 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 1 วันและต้องพักร่างกายก่อนทำการทดสอบฯ วันต่อไปอย่างน้อย 2 วัน โดยผู้วิจัยจะนัดผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเวลาที่กำหนด ณ ห้องปฏิบัติการแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ยกเว้นวันที่ทดสอบด้วยการวิ่งมาราธอนที่จะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 6 ชั่วโมง โดยการทดสอบมีขั้นตอนดำเนินการ (รูปที่ 7) ดังนี้

1. ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีผู้ช่วยวิจัย 2 คน ประกอบด้วยนิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 1 คนและเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ 1 คน ทำหน้าที่ช่วยจับเวลาและบันทึกข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายรูปแบบการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ รวมถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยให้ผู้ช่วยวิจัยอย่างชัดเจน

2. สถานที่ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ห้องปฏิบัติการแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสวนวชิรเบญจทัศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสัมคมศาสตร์ (Statistical package for the social sciences; SPSS) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าสถิติเพื่อแสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

2. ทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normality) ของตัวแปรตาม โดยใช้วิธีการทดสอบชาพิโร-วิลค์ (Shapio-Wilk test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่ม โดยใช้การทดสอบค่าแบบ F test (Two-way ANOVA with repeated measurement)

4. ถ้ามีความแตกต่างแบบรายคู่จะใช้วิธี LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รูปที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงผสมการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำผสมการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง คำนวณกลุ่มตัวอย่างได้กลุ่มละ 12 คน ซึ่งมีผู้ออกจากการวิจัยกลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน ด้วยเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไป ทำให้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเหลือกลุ่มละ 10 คน ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ [Two way ANOVA repeated measurement (groups x times : 3x2)] และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบ LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่งมาราธอน ของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึก และหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสรีรวิทยา	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM		
อายุ (ปี)	37.86	37.86	41.40	41.40	41.45	41.45	-	-
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	171.60	171.60	168.30	168.30	168.77	168.77	-	-
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	66.34±3.72	66.62±3.62	63.35±2.88	63.60±2.80	61.20±3.44	60.93±3.35	.34	.72
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	22.23±0.92	22.62±0.79	22.10±0.79	22.35±0.68	23.10±0.79	21.79±0.68	.70	.51
ไขมันในร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	23.37±2.77	22.73±2.82	25.08±2.14	24.11±2.18	23.20±2.56	21.43±2.61*	.96	.40
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	49.00±3.43	49.5±3.40	45.57±2.66	46.33±2.60	45.44±3.17	46.15±3.11	.10	.91

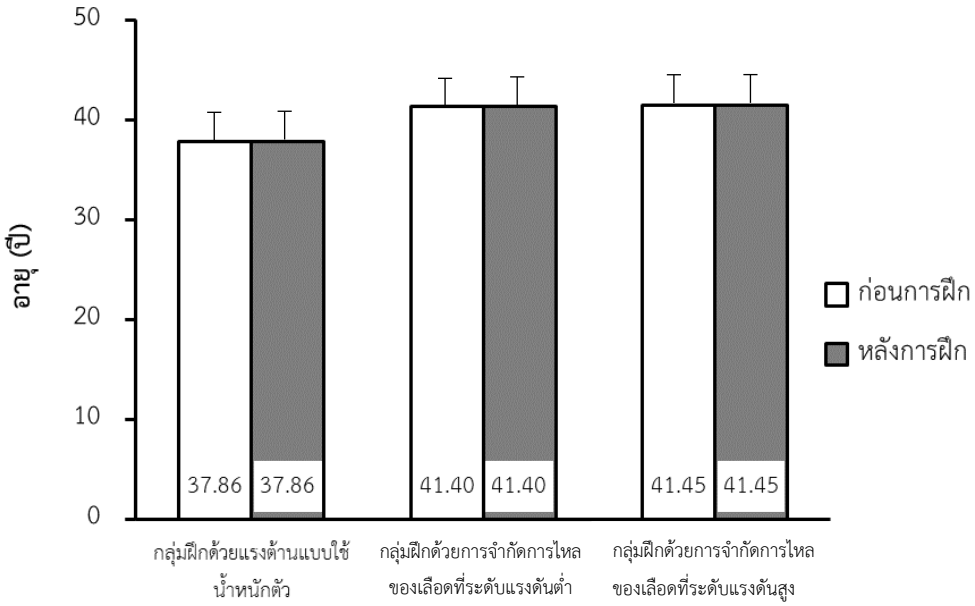
* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

ตารางที่ 8 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไปของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

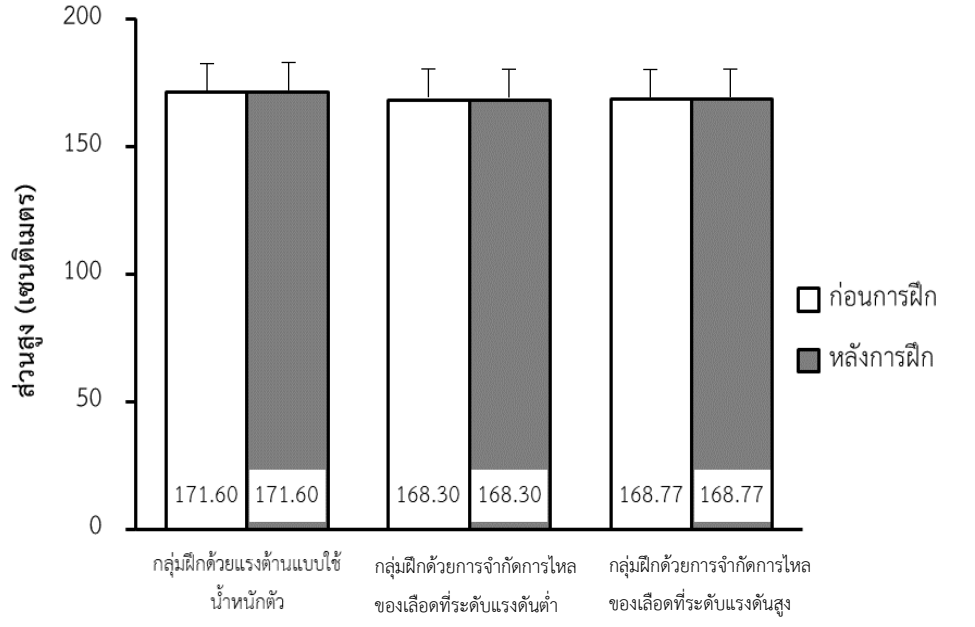
ตัวแปรด้านสรีรวิทยา	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM		
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	57.88±2.90	56.75±2.81	60.71±3.11	58.29±3.01	63.57±3.11	53.14±3.01	1.34	.29
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	112.78±3.17	115.56±3.35	118.38±3.37	113.63±3.56	113.25±3.37	110.38±3.56	.66	.53
ความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	65.75±2.63	65.13±2.72	73.63±2.63	66.88±2.72	66.75±2.63	67.38±2.72	.86	.44

จากตารางที่ 8 และรูปที่ 8 – 16 แสดงให้เห็นว่า นักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่พบว่าไขมันในร่างกาย ของกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีค่าเฉลี่ยลดลงหลังการฝึกเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

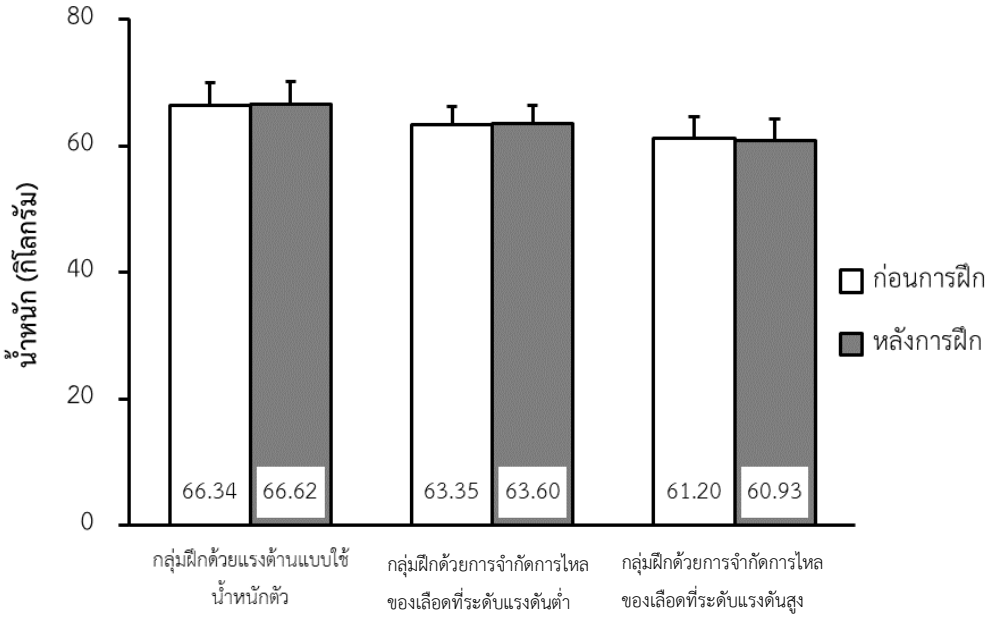
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



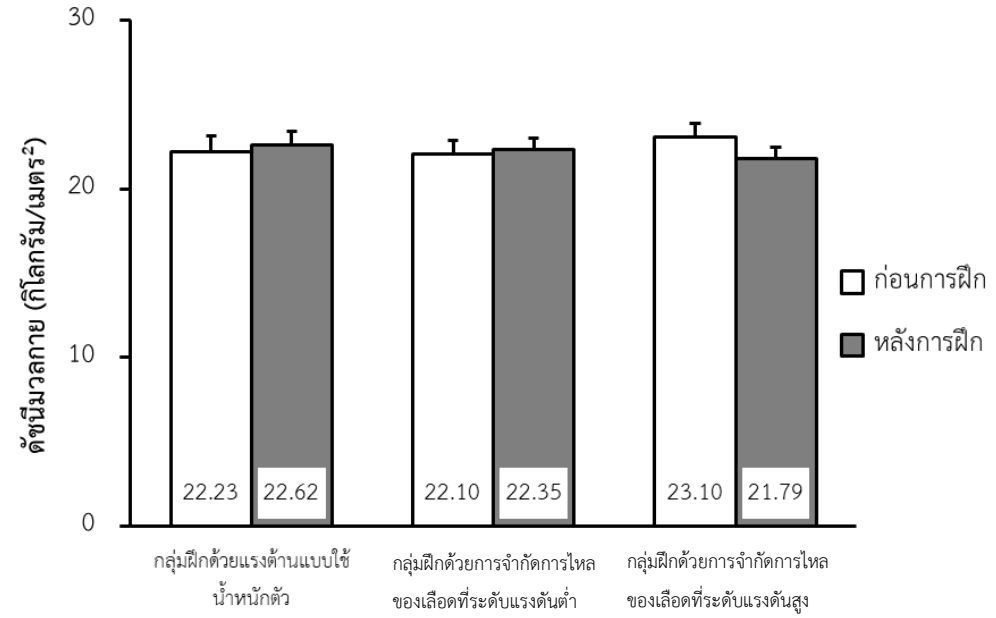
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



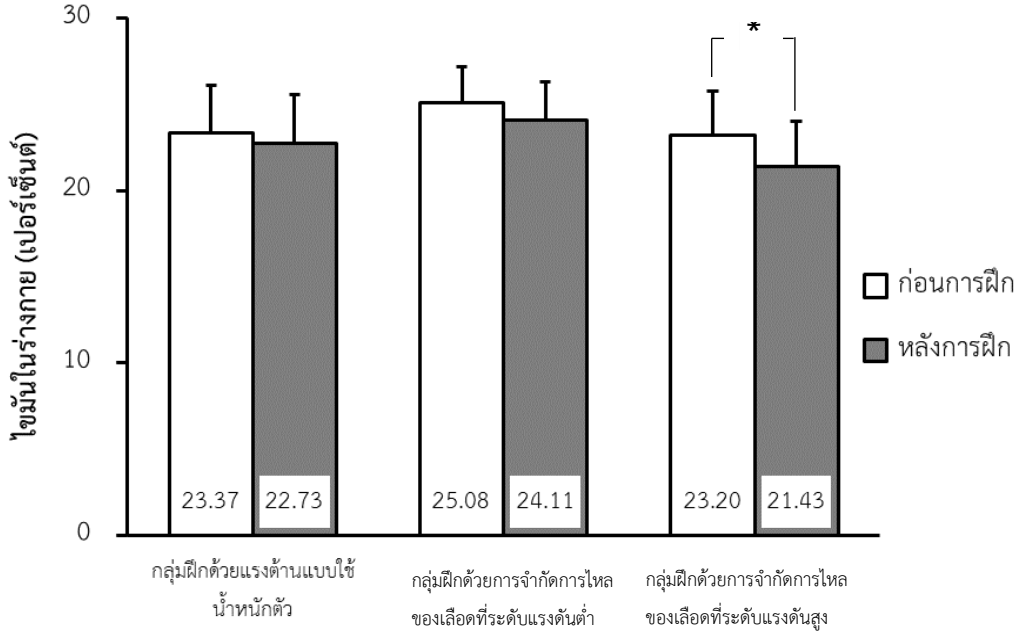
รูปที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



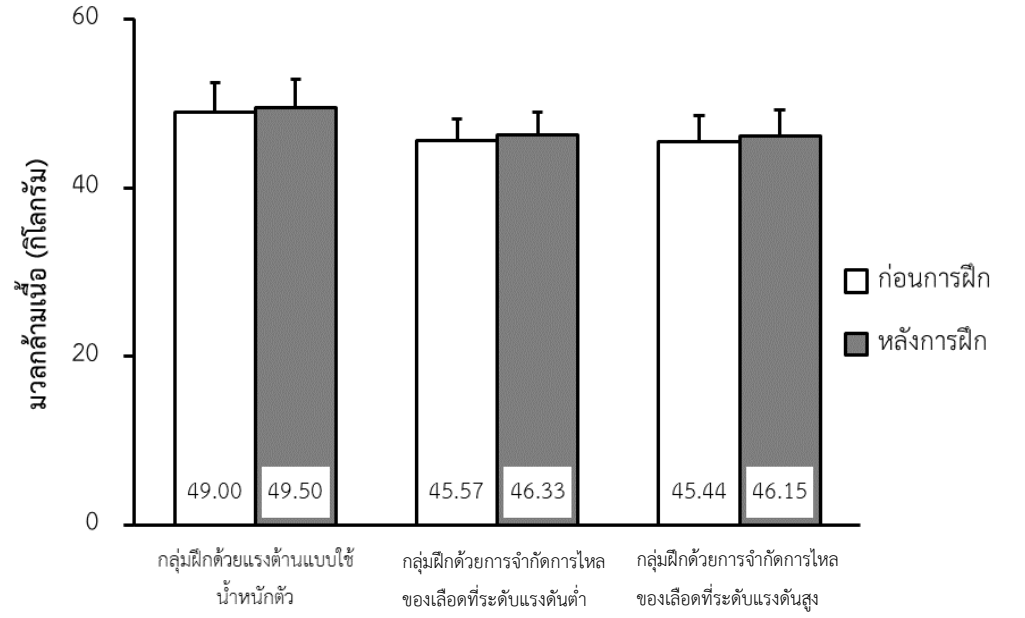
รูปที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



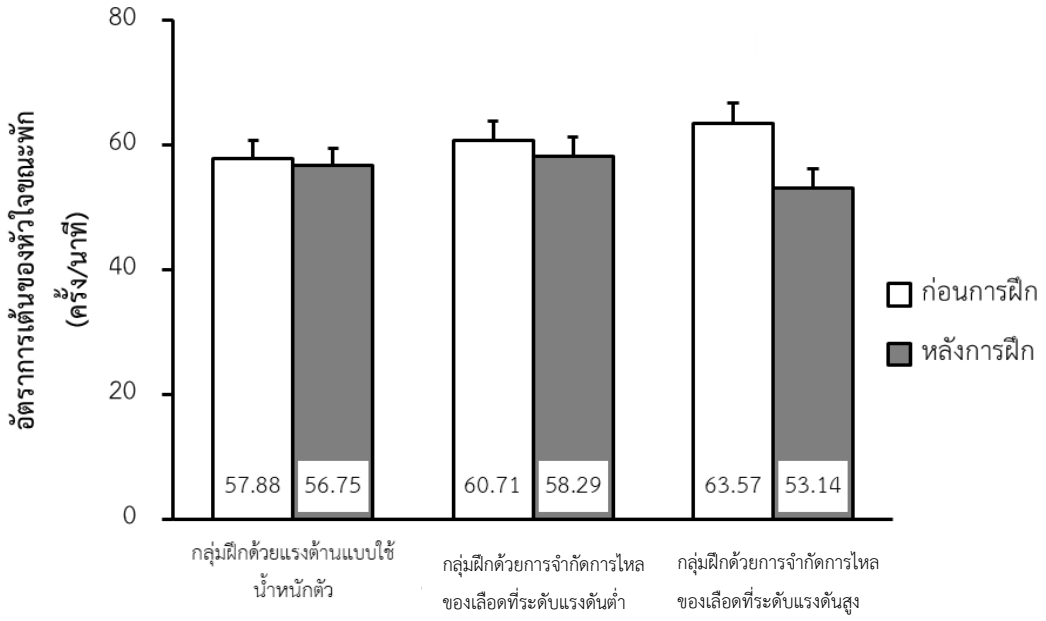
รูปที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



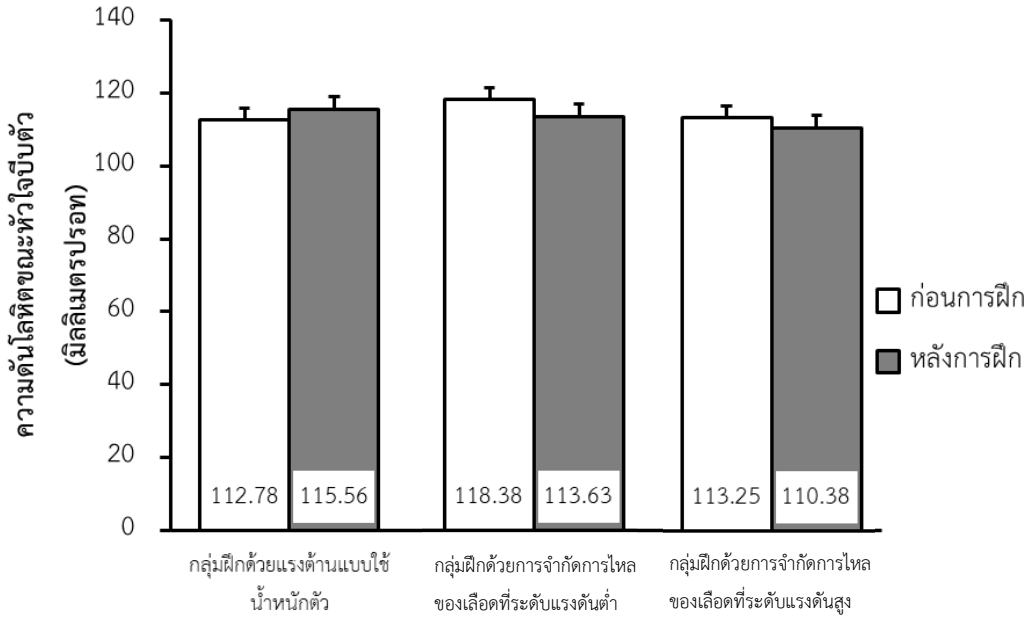
รูปที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมันในร่างกายก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



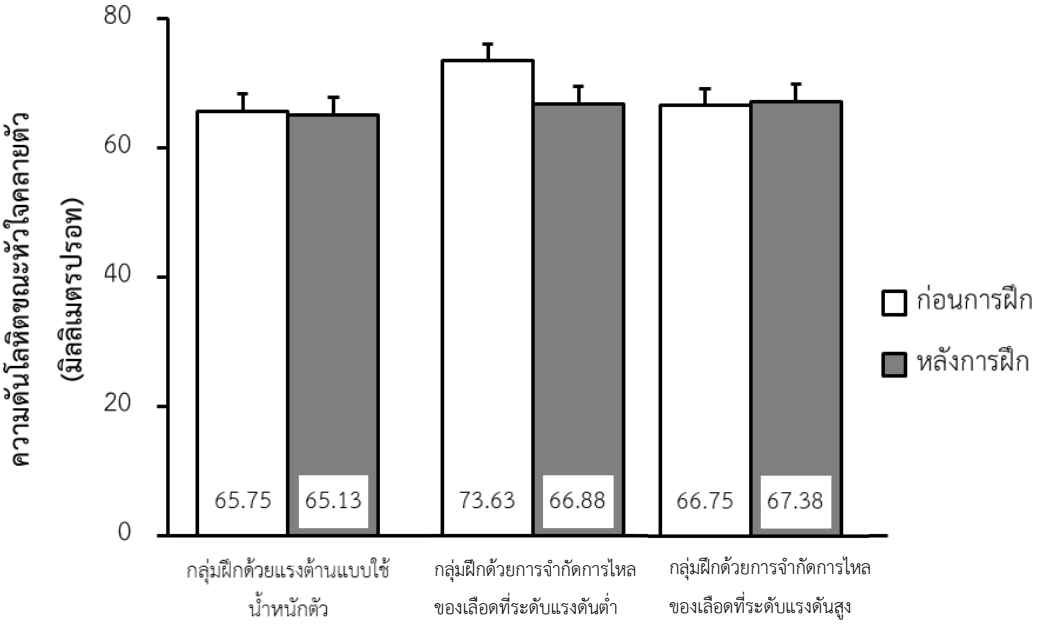
รูปที่ 13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ	**กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)**		**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)**		**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)**		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	**หลังการฝึก** $\bar{X}$±SEM	**ก่อนการฝึก** $\bar{X}$±SEM	**หลังการฝึก** $\bar{X}$±SEM	**ก่อนการฝึก** $\bar{X}$±SEM	**หลังการฝึก** $\bar{X}$±SEM		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ								
แรงสูงสุดท่า knee extension 60^0/วินาที (นิวตันเมตร)	159.05±10.86	159.43±11.20	137.84±10.31	145.40±10.63	132.35±11.52	141.08±11.88	.63	.54
แรงสูงสุดท่า knee extension 60^0/วินาที (นิวตันเมตร)	78.42±8.45	87.92±8.48*	65.95±8.02	76.40±8.05*	58.20±8.96	76.86±9.00*	1.47	.25
1RM ของท่าสควอท (กิโลกรัม)	108.70±12.39	122.93±13.99*	131.50±13.14	153.85±14.83*	118.67±12.39	140.04±13.99*	.58	.57

* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

ตารางที่ 9 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM		
ความทนทานของกล้ามเนื้อ								
การทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที (ครั้ง)	47.40±2.28	52.00±2.66	45.20±2.28	58.30±2.66*	47.50±2.28	57.20±2.66*	5.15	.01
การทดสอบกล้ามเนื้อลำตัว Sorensen (วินาที)	89.90±16.04	87.30±12.78	84.60±16.04	104.40±12.78	87.89±15.30	109.82±12.18	5.24	.10
การทดสอบ Trunk flexor (วินาที)	88.13±16.73	82.00±19.40	76.78±15.77	93.67±18.29	85.56±15.77	95.90±18.29	2.42	.11
การทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างซ้ายท่า Side bridge (วินาที)	72.38±10.37	80.88±8.87	68.33±9.77	73.22±8.36	79.56±9.77	94.00±8.36	.90	.42
การทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างขวาท่า Side bridge (วินาที)	85.25±12.42	94.38±10.61	70.11±11.71	82.11±9.99	89.67±11.71	98.89±9.99	.52	.60

$p^{*} < .05$ แตกต่างกับก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

ตารางที่ 9 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ	**กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)**			**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)**			**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)**			**F**	***p*-value**
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**	**ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**	**ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**		
ค่าความล้ากล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension (เปอร์เซ็นต์)	35.94±3.04	42.41±3.19*	18.00	35.31±2.68	33.52±2.81†	-3.49	34.03±3.04	38.76±3.19	13.9	2.94	.08
ค่าความล้ากล้ามเนื้อขาท่า Knee Flexion (เปอร์เซ็นต์)	47.98±4.67	57.65±6.53*	20.15	48..84±3.69	46.20±5.17	-5.33	37.64±43.02	43.02±6.53	14.29	1.99	.17
แรงสูงสุดท่า knee extension 180^0/วินาที (นิวตันเมตร)	107.10±7.94	110.80±7.70	3.60	97.20±7.01	100.65±6.79	3.55	92.28±7.94	96.71±7.70*	4.95	0.07	.93
แรงสูงสุดท่า knee flexion 180^0/วินาที (นิวตันเมตร)	58.45±5.87	59.08±5.59	1.22	46.85±5.18	50.44±4.93	7.86	48.74±5.87	55.66±5.59*	14.41	1.63	.22

* $p < .05$ แตกต่างกับระหว่างก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

† $p < .05$ แตกต่างกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

ตารางที่ 9 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ	**กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)**			**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)**			**กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)**			**F**	***p*-value**
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**	**ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**	**ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM**	**%change**		
ค่างาน ของท่า knee extension ช่วงต้นการทดสอบ (จูล)	1025.54±81.04	1052±90.18	2.66	966.53	981.34±90.18	1.53	899.67±87.54	935.92±97.40	4.01	0.11	.90
ค่างาน ของท่า knee flexion ช่วงต้นการทดสอบ (จูล)	526.77±56.06	552.60±59.72	4.91	402.07±49.45	447.84±52.67	11.40	424.87±56.07	523.23±59.72*	23.13	1.30	.29
ค่างาน ของท่า knee extension ช่วงปลายการทดสอบ (จูล)	639.06±52.01	599.01±61.78	-6.26	582.33±45.87	621.73±54.48	6.73	572.74±52.01	547.38±61.78	-4.44	2.68	.09
ค่างาน ของท่า knee flexion ช่วงปลายการทดสอบ (จูล)	308.87±33.5	263.10±36.16	-14.89	213.07±33.5	270.19±37.16	16.81	284.69±33.5	308.81±37.16	8.43	12.78	.06
ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ											
การทดสอบนั่งงอสะโพก (เซนติเมตร)	3.20±3.26	4.10±2.96		7.60±3.26	8.70±2.96		5.46±3.11	6.55±2.83		1.08	.35

* $p < .05$ แตกต่างกันระหว่างก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

จากตารางที่ 9 และรูปที่ 17 - 27 แสดงให้เห็นว่า นักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในส่วนค่า Knee Flexion และค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงสูงสุด 1 ครั้งในท่าสควอท พบว่า ทุกกลุ่มหลังการฝึก 12 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

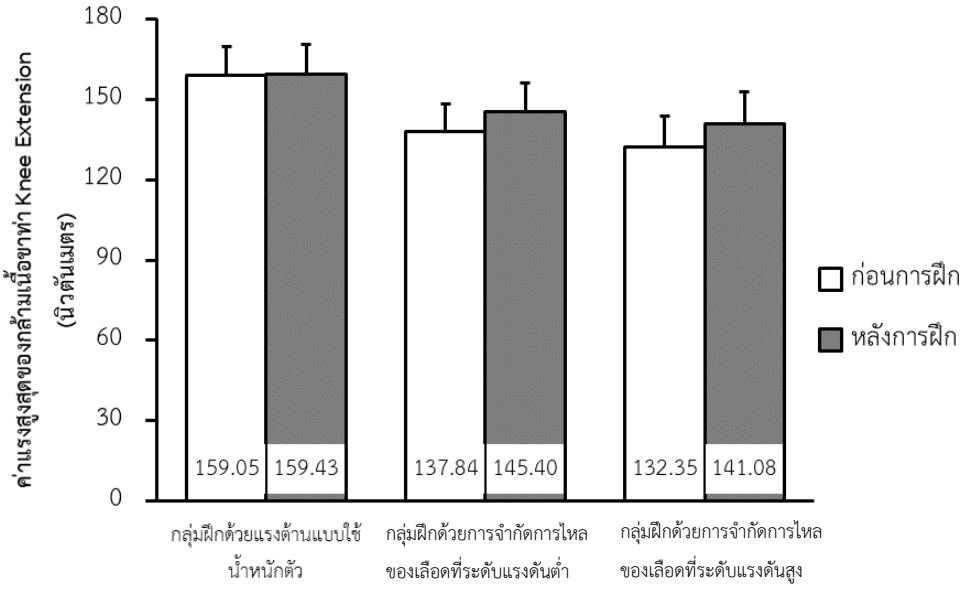
ความทนทานของกล้ามเนื้อ ได้แก่ การทดสอบลุกนั่งเก้าอี้ 60 วินาที ก่อนการฝึกระหว่างกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 อีกทั้งพบว่า ในกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำค่าเฉลี่ยหลังการฝึกเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนการฝึก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ค่าความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee extension – flexion พบว่า กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัวมีค่าเฉลี่ยหลังการฝึกสูงกว่าก่อนการฝึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำมีค่าเฉลี่ยลดลงแตกต่างกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

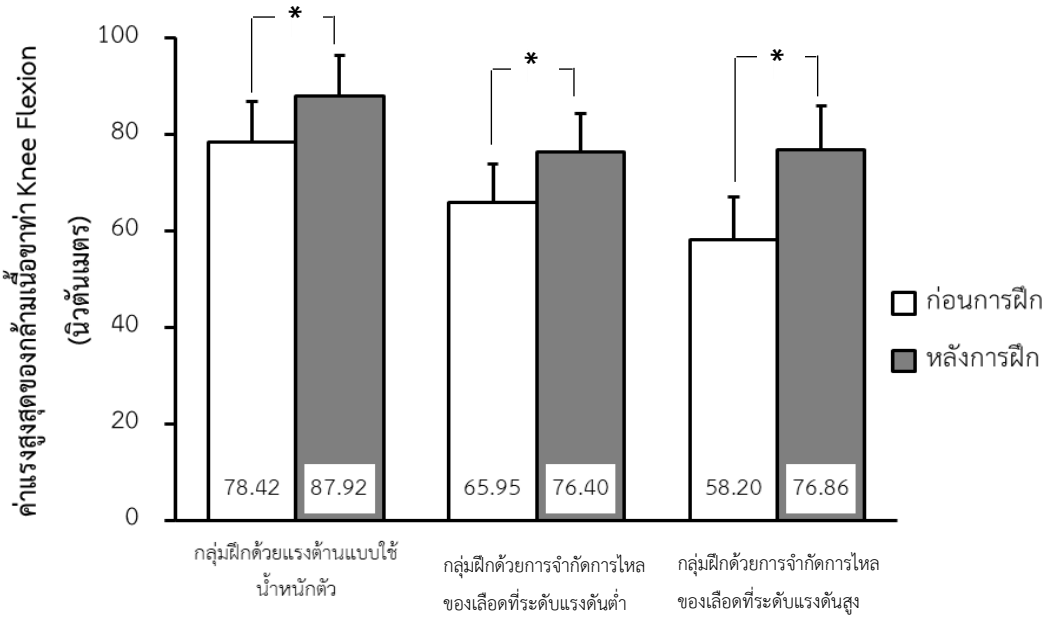
ค่าแรงสูงสุดท่า knee extension - flexion 180^{0}/วินาที (นิวตันเมตร) พบว่ากลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกับระหว่างก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่างานของท่า knee flexion (จูล) ช่วงต้นการทดสอบ พบว่ากลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกับระหว่างก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

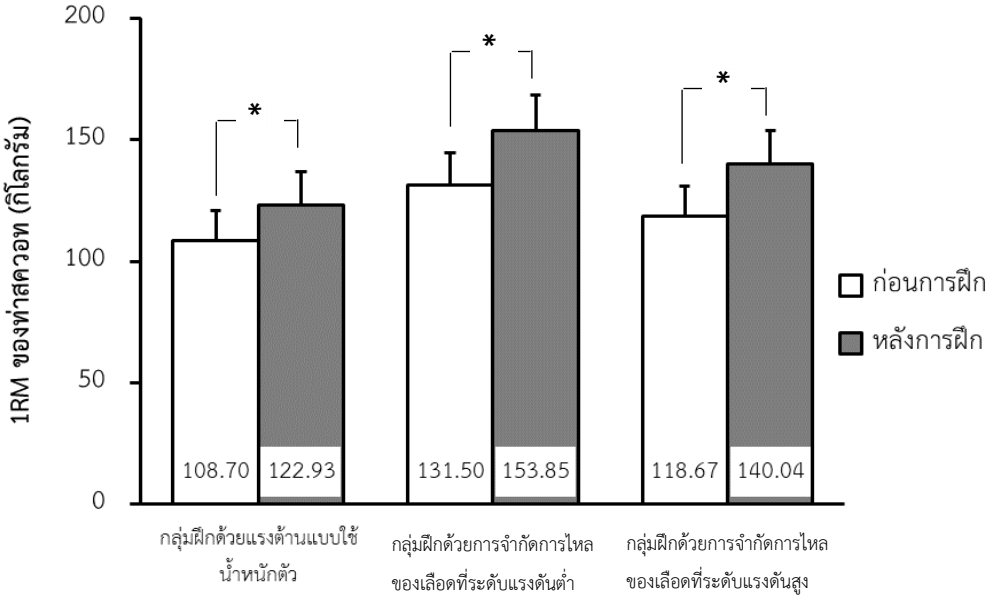
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



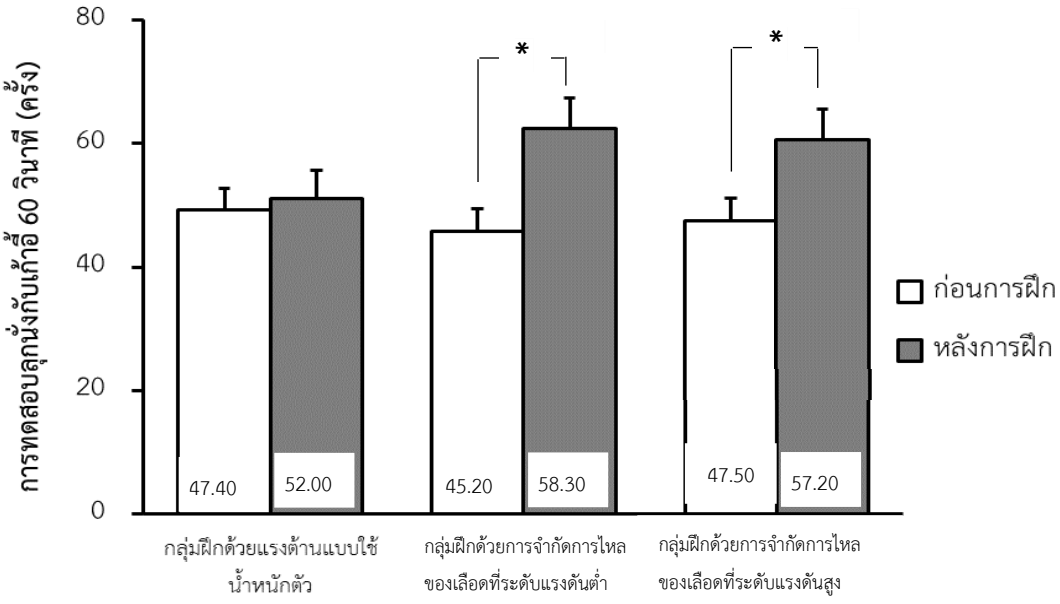
รูปที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



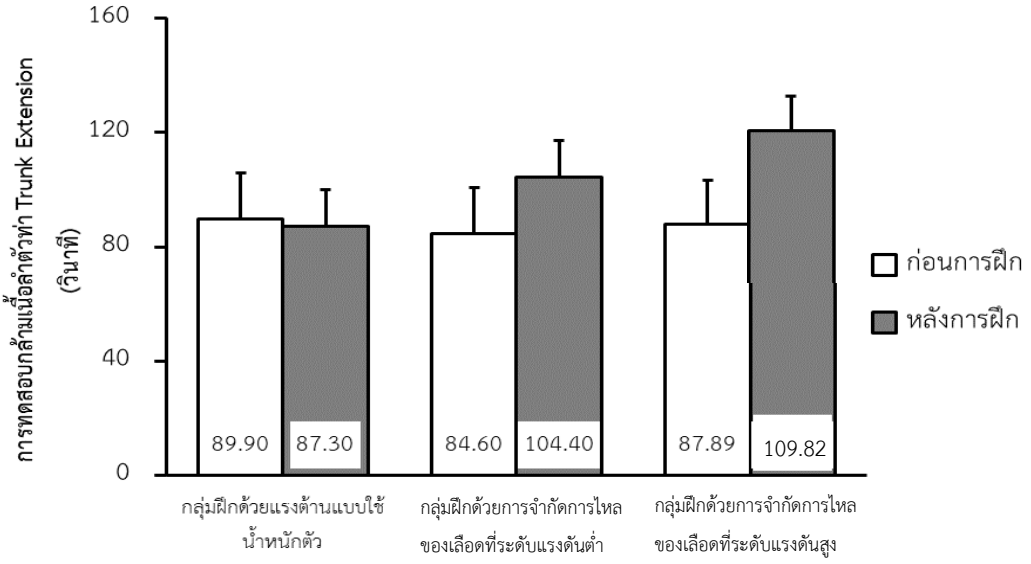
รูปที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Flexion ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



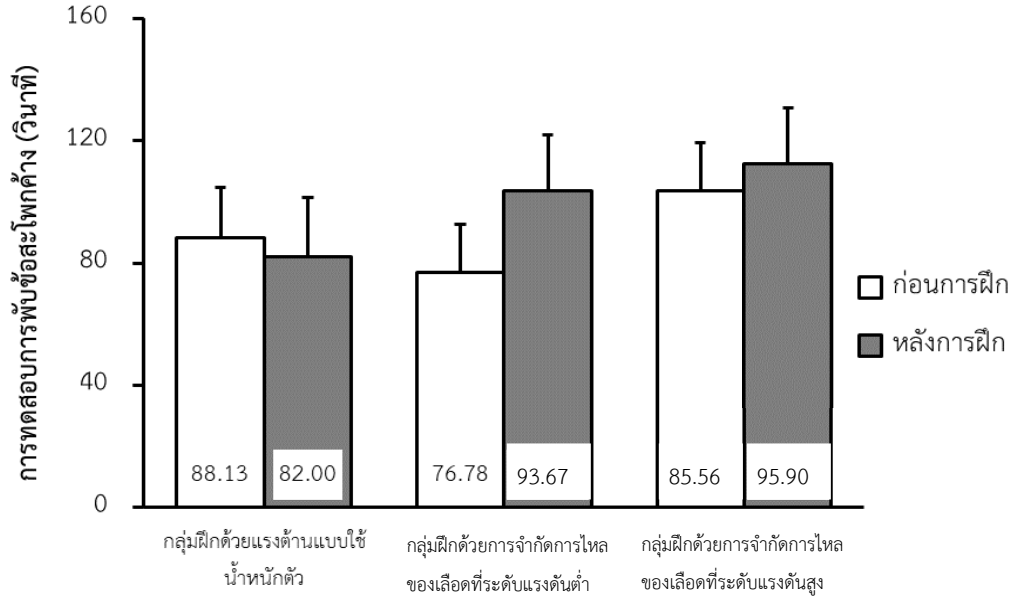
รูปที่ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการออกแรงสูงสุด 1 ครั้งในท่าสควอท ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



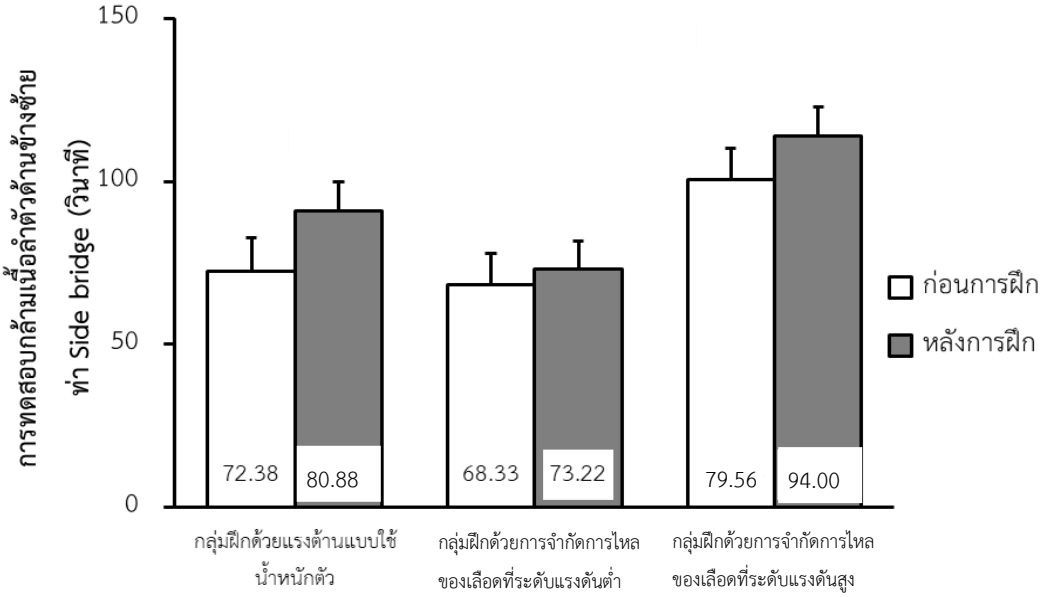
รูปที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาทีก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



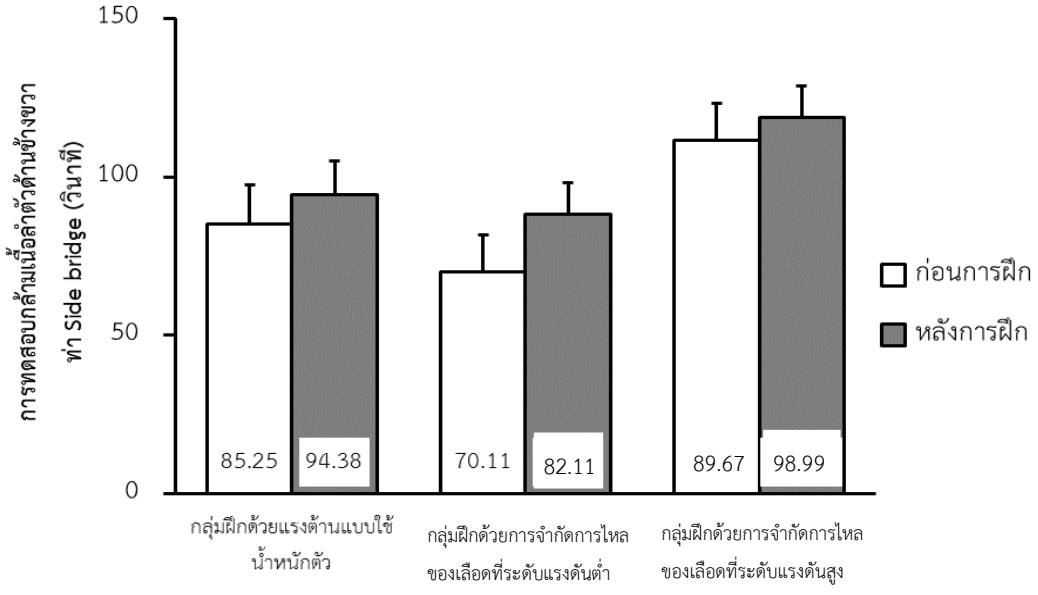
รูปที่ 21 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวท่า Trunk Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



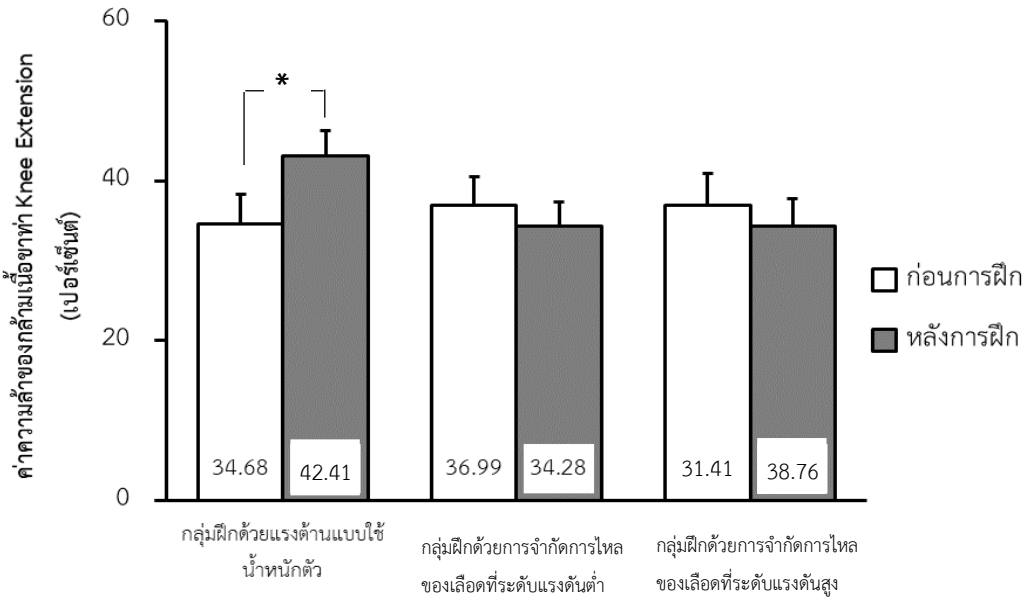
รูปที่ 22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบการพับข้อสะโพกค้างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



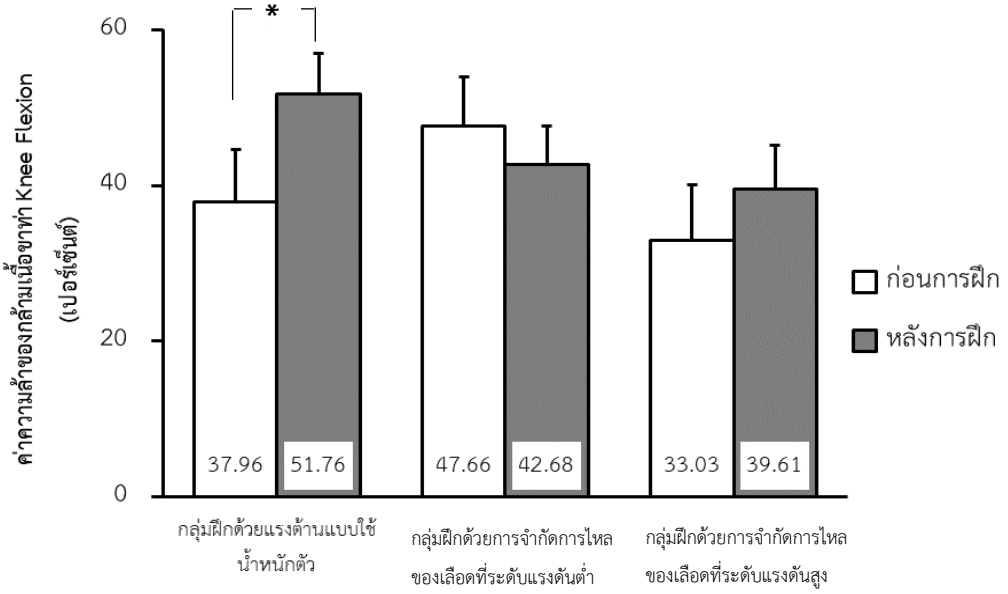
รูปที่ 23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างซ้ายท่า Side bridge ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



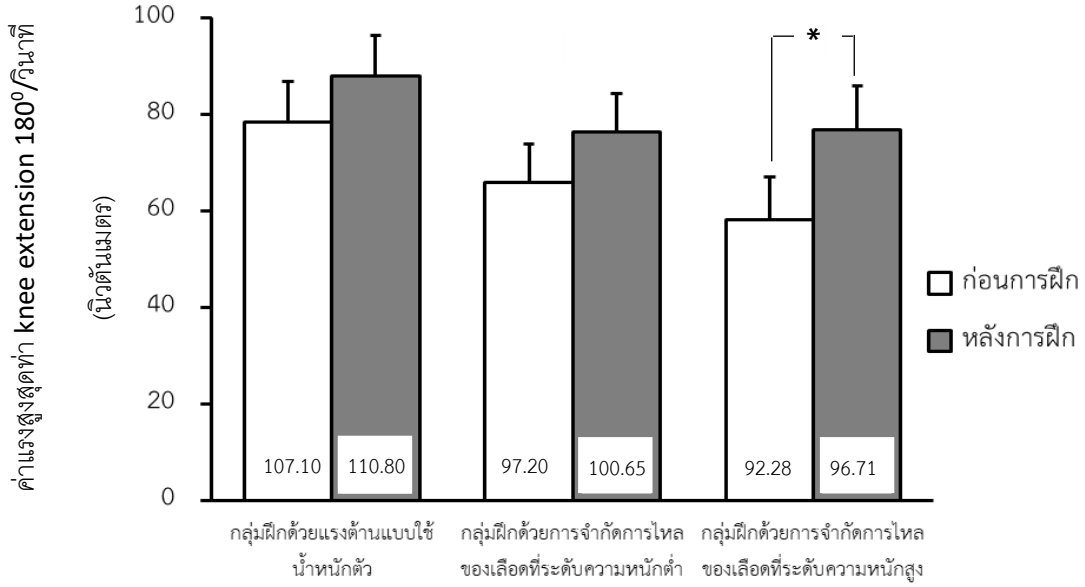
รูปที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบกล้ามเนื้อลำตัวด้านข้างขวาท่า Side bridge ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



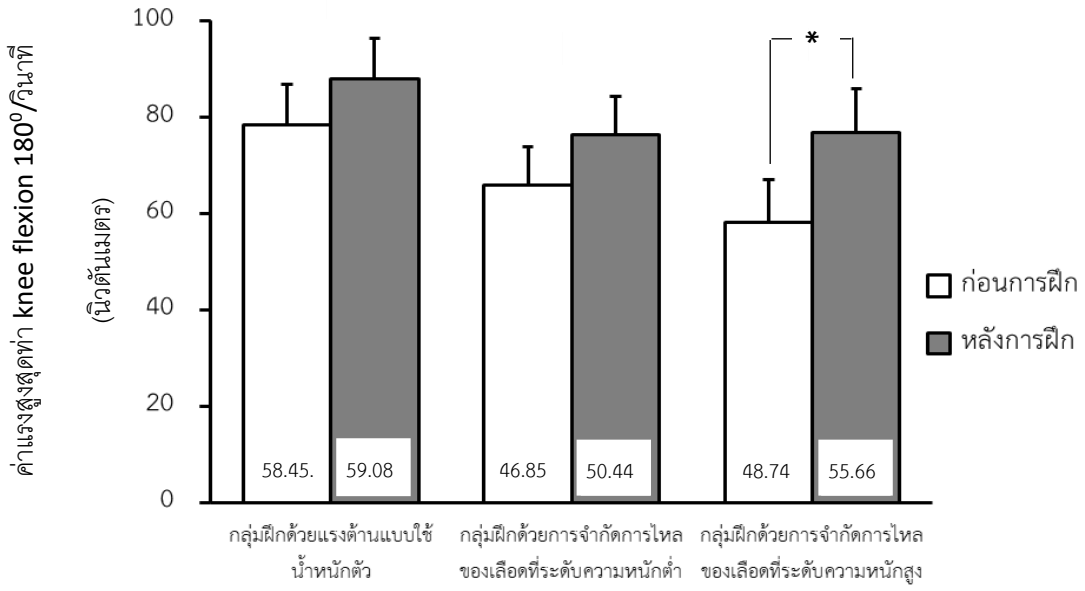
รูปที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Extension ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



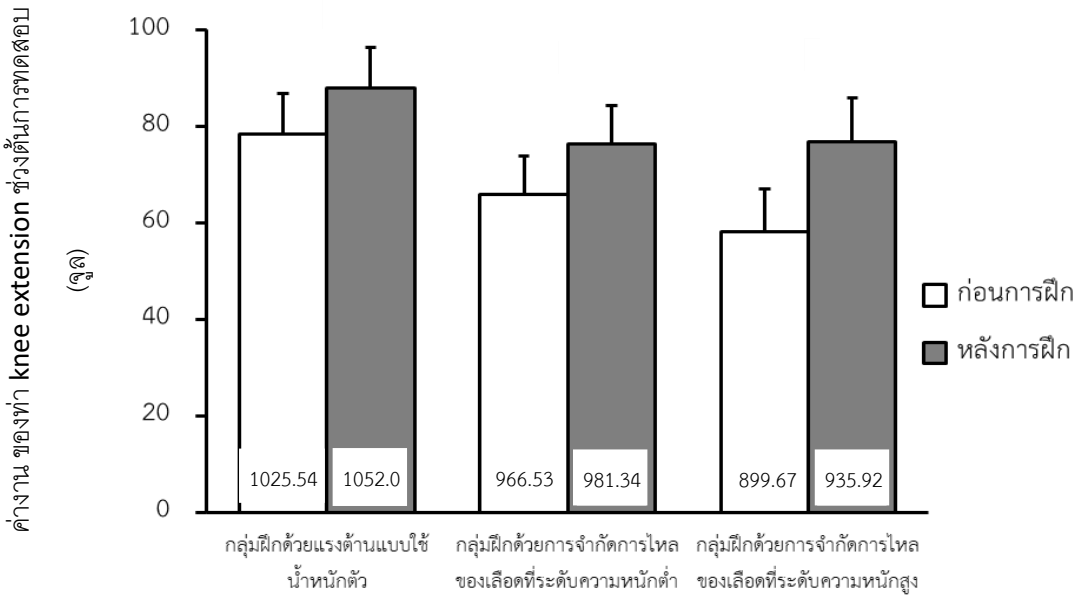
รูปที่ 26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความล้าของกล้ามเนื้อขาท่า Knee Flexion ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



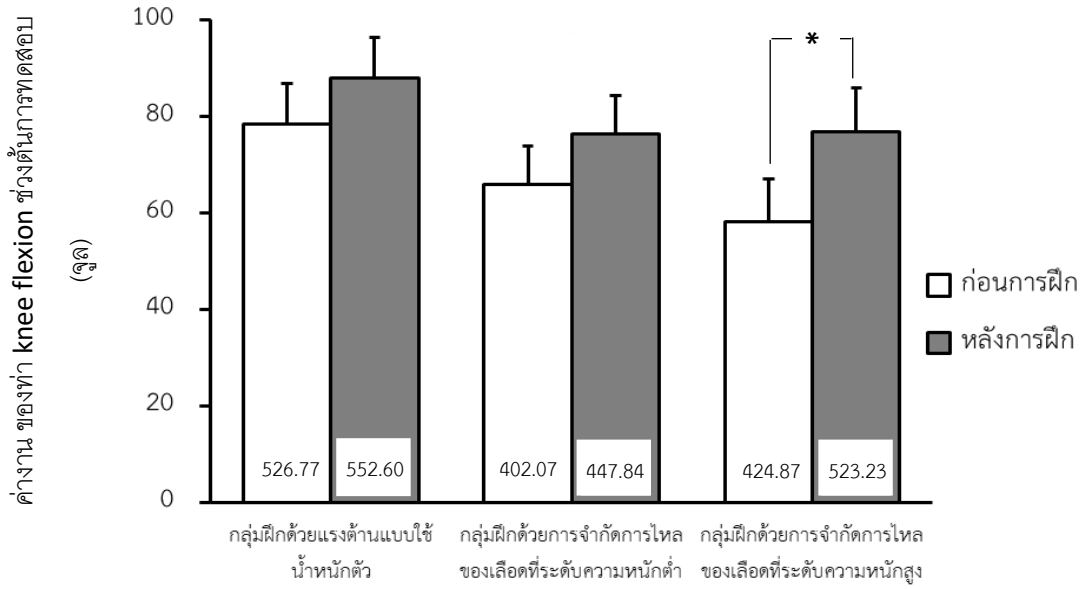
รูปที่ 27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังสูงสุดท่า knee extension 180^0/วินาที (นิวตันเมตร) ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



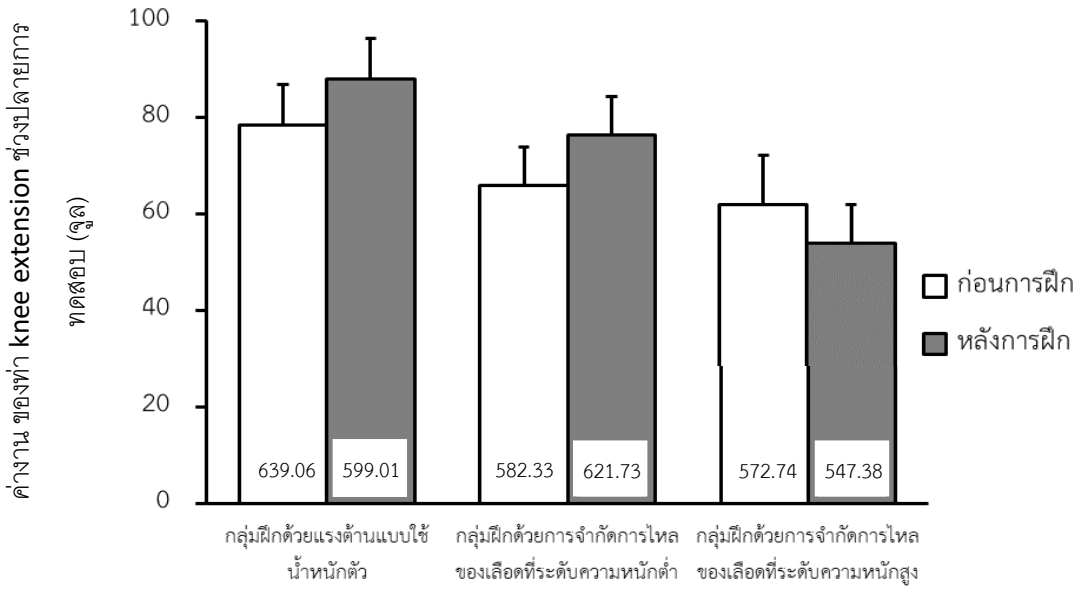
รูปที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังสูงสุดท่า knee flexion 180^0/วินาที (นิวตันเมตร) ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



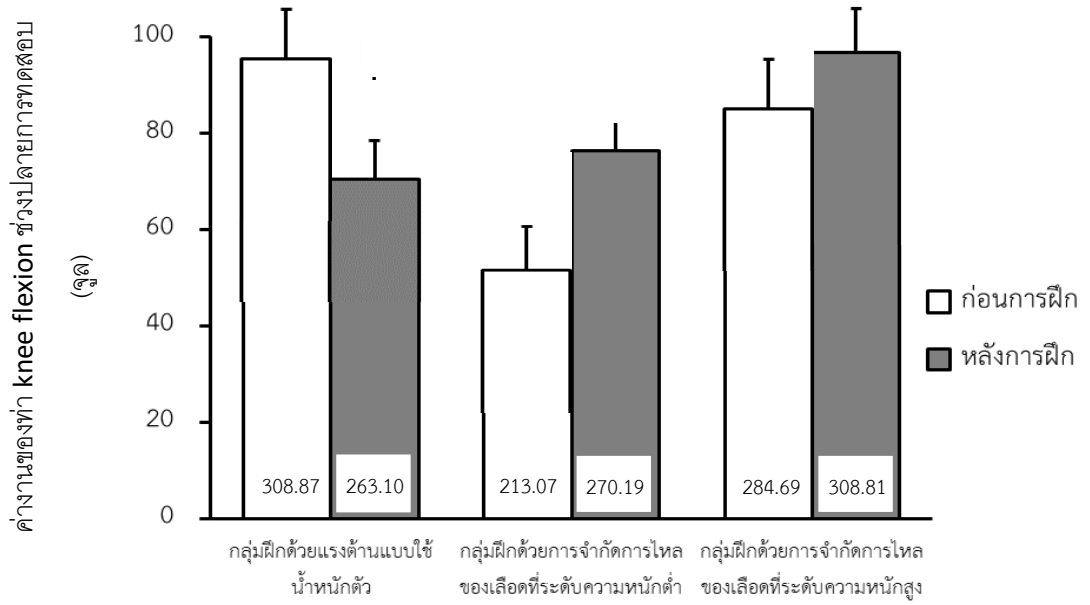
รูปที่ 29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงาน ของท่า knee extension ช่วงต้นการทดสอบ (จูล) ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



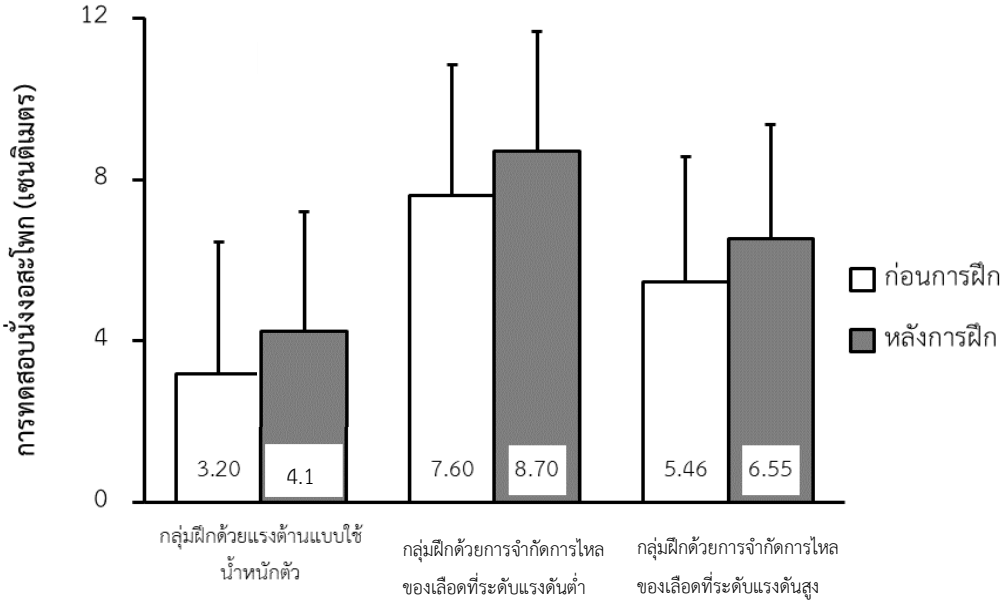
รูปที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงาน ของท่า knee flexion ช่วงต้นการทดสอบ (จูล)ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงาน ของท่า knee extension ช่วงปลายการทดสอบ (จูล) ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงาน ของท่า knee flexion ช่วงปลายการทดสอบ (จูล) ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดสอบนั่งงอสะโพกก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคนและกลุ่มวัยกลางคนสุขภาพที่ไม่ออกกำลังกาย ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM		
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.44±1.85	46.96±1.55*	40.51±1.85	43.82±1.55*	44.59±2.77	48.71±2.33*	23.12	.00
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	181.99±3.44	186.94±3.09	174.16±3.26	178.41±2.93	176.76±3.65	173.27±3.27†	1.70	.21
ระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก (กิโลเมตร)	2.15±0.21	2.07±0.45	1.62±0.36	1.86±0.78	2.02±0.23	2.18±0.49	.20	.83

* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

† $p < .05$ แตกต่างกันกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

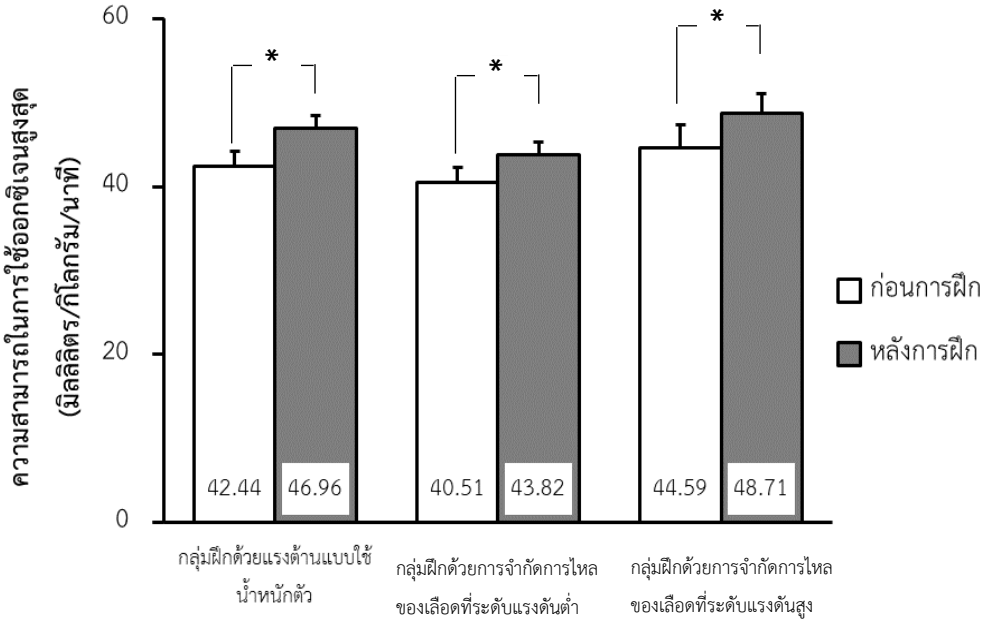
จากตารางที่ 10 และรูปที่ 34 - 36 แสดงให้เห็นว่า นักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน หลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก ได้แก่ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มสูงขึ้นทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด พบว่า กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ยลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

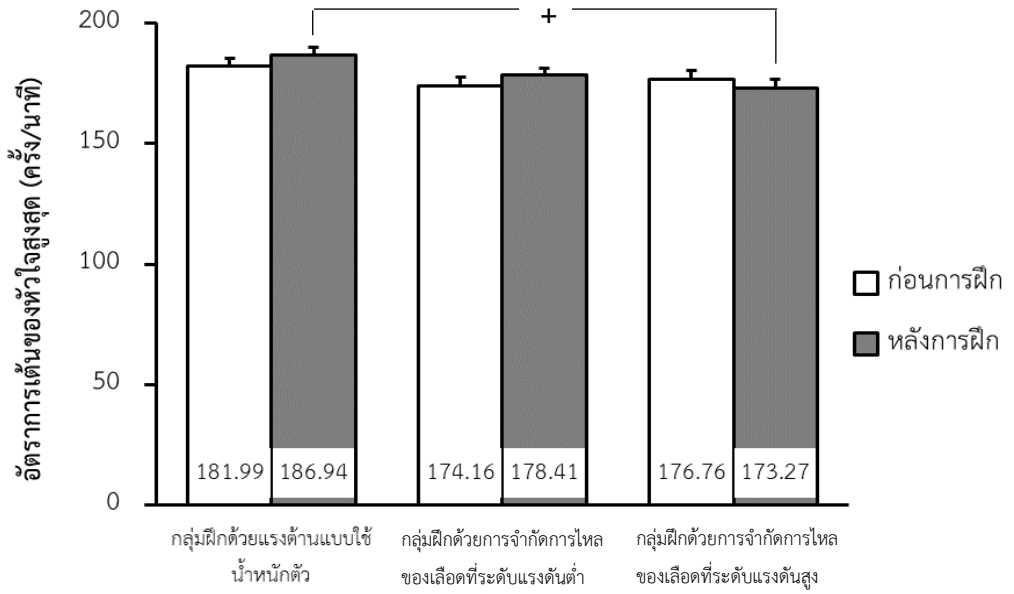
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก พบว่า กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

ระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก พบว่า ก่อนและหลังการฝึก ระหว่างกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

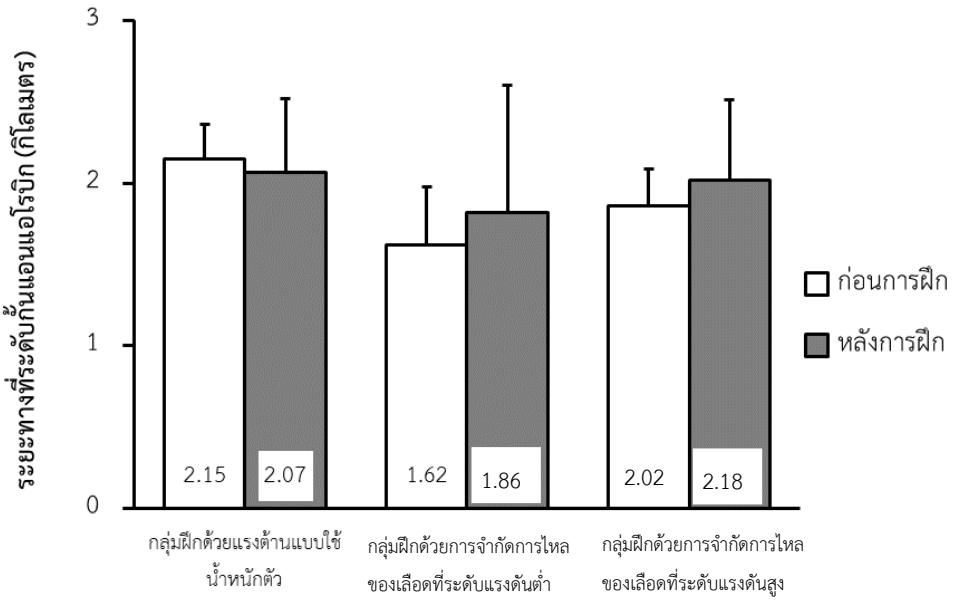
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตตอนที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพของการวิ่งมาราธอน ของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคนและกลุ่มวัยกลางคนสุขภาพที่ไม่ออกกำลังกาย ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM) ของตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่งของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน ช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของการวิ่งมาราธอน	กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (n=10)		กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง (n=10)		F	*p*-value
	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM	ก่อนการฝึก $\bar{X}$±SEM	หลังการฝึก $\bar{X}$±SEM		
ระยะเวลาของการวิ่งมาราธอน (ชั่วโมง:นาที:วินาที)/วินาที	4:33:34 ±0:19:18	4:06:12 ±0:14:18	5:14:13 ±0:17:00	4:54:30 ±0:13:41*†	5:14:47 ±0:18:12	4:27:14 ±0:13:37*	3.754	.04
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาในการวิ่งมาราธอน (เปอร์เซ็นต์)		9.45±2.30		5.80±1.51		14.57±2.12‡	4.87	.02
ค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	29.43±2.59	28.60±0.96	31.80±2.44	29.74±0.91	37.51±3.27	27.49±1.22*	2.12	.15

* $p < .05$ แตกต่างกับการฝึกเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม

† $p < .05$ แตกต่างกันกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

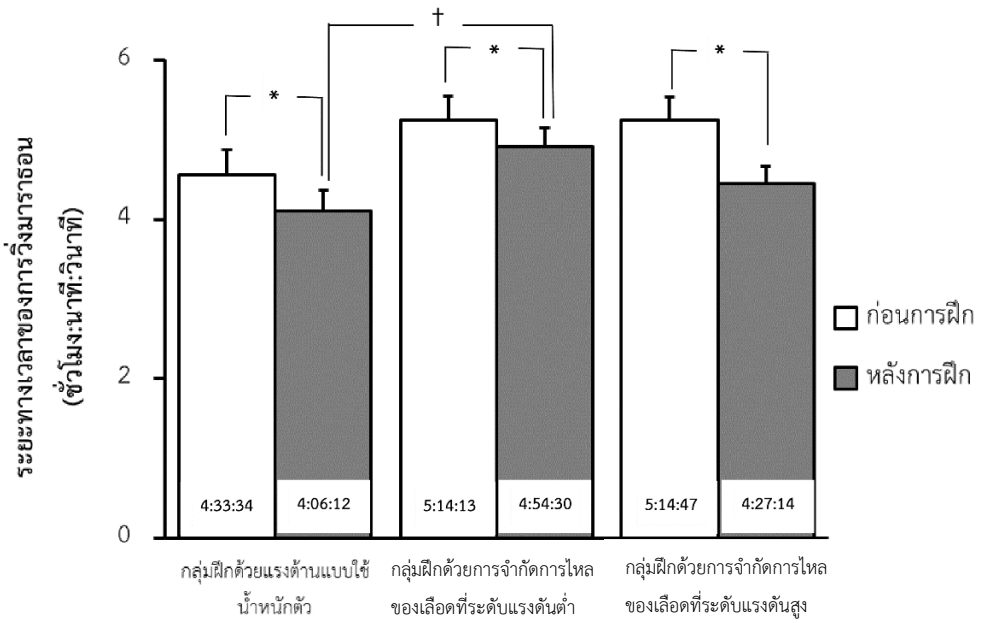
‡ $p < .05$ แตกต่างกันกับกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ

จากตารางที่ 11 และรูปที่ 37 – 40 แสดงให้เห็นว่า นักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน หลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพของการวิ่งมาราธอน ได้แก่ ระยะเวลาของการวิ่งมาราธอน ของกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

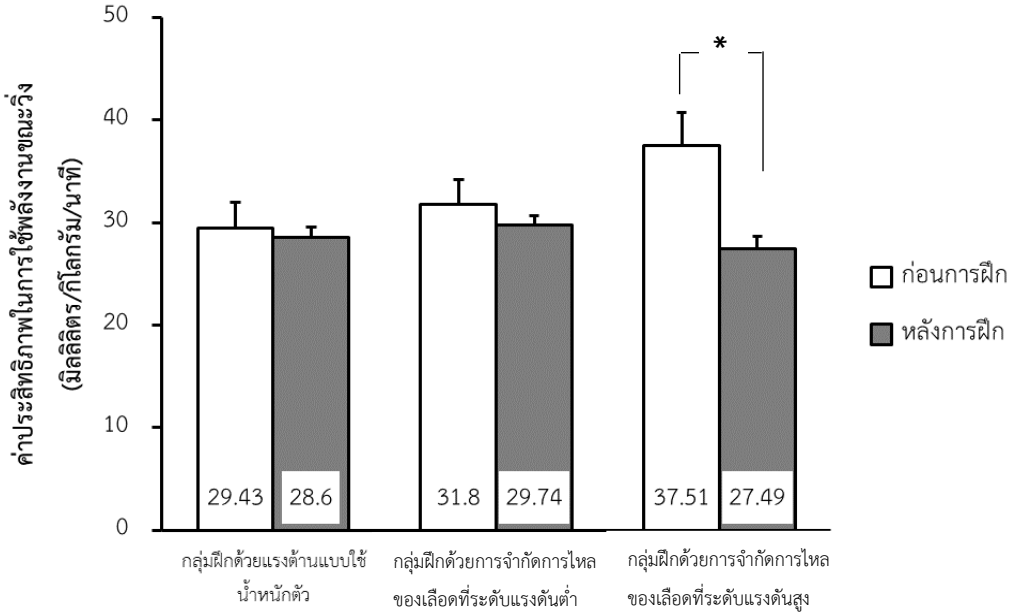
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาในการวิ่งมาราธอน ของนักวิ่งระยะมาราธอนวัยกลางคน หลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ

ค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง พบว่า กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง หลังการฝึกมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

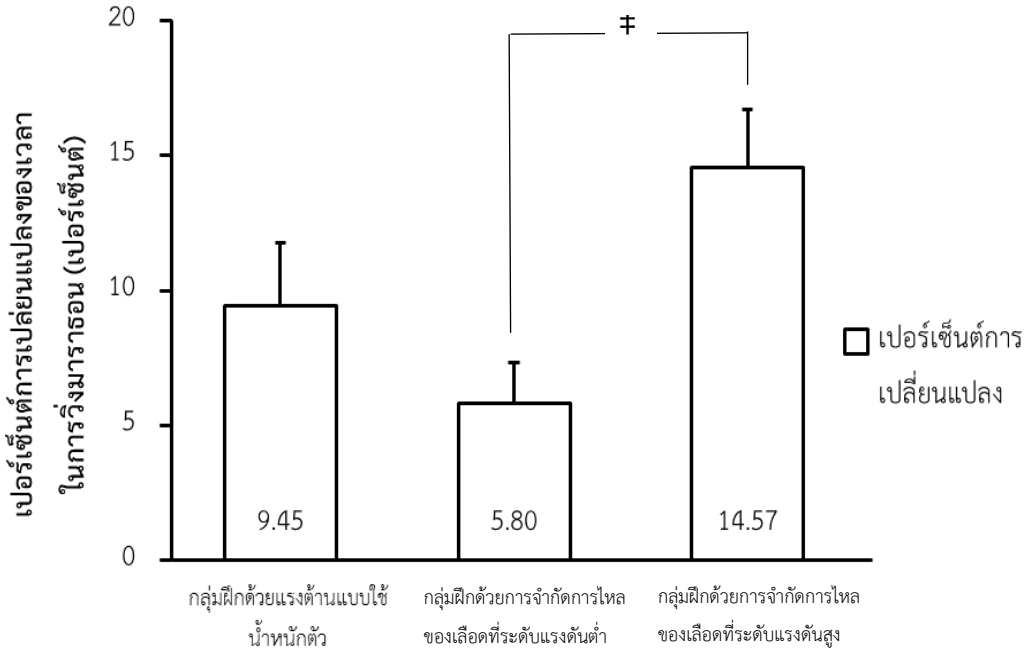
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาของการวิ่งมาราธอนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง



รูปที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของเวลาในการวิ่งมาราธอน ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งมาราธอนวัยกลางคน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งมาราธอนวัยกลางคนทั้งเพศชายและหญิง อายุตั้งแต่ 35 ถึง 45 ปี จำนวน 36 คน เป็นนักวิ่งมาราธอนวัยกลางที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) โดยต้องเคยเข้าร่วมและจบการแข่งขันวิ่งมาราธอนมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง ใช้เวลาน้อยกว่า 7 ชั่วโมงและสามารถฝึกซ้อมวิ่งได้อย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องนานอย่างน้อย 3 เดือน และมีระยะทางรวมของการฝึกซ้อมอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ลมชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในโลหิตสูง และไม่มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากอุบัติเหตุและการออกกำลังกายอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการสุ่มเข้ากลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified sampling) โดยแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มประชากรย่อย ซึ่งหน่วยประชากรในแต่ละชั้นภูมิจะมีลักษณะเหมือนกัน (Homogeneous) ในด้านอายุและเพศ จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับฉลาก (Simple random sampling) โดยจับฉลากเพื่อเลือกเข้ากลุ่ม และมีความเท่าเทียมกัน กลุ่มละ 12 คน ซึ่งภายหลังการทดลองระยะเวลา 3 เดือน มีผู้ออกจากการวิจัยกลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างเหลือ 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันสูง และกลุ่มฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดระดับแรงดันต่ำ ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยการวิ่ง 3 รูปแบบ อันได้แก่การฝึกวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว การฝึกวิ่งแบบความเร็วคงที่ และการฝึกวิ่งระยะไกล รูปแบบละ 1 วันต่อสัปดาห์ได้รับการฝึกด้วยแรงต้าน จำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

ก่อนและหลังการฝึกทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในท่านั่ง ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวในท่านั่ง และองค์ประกอบของร่างกาย เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ได้แก่ การทดสอบแรงสูงสุดในท่าเหยียด-งอเข่า ที่ความเร็ว 60° และ 180° ต่อวินาที, การทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความสามารถในการออกแรงสูงสุดในท่าสควอท (Squat 1-RM), การทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที, การทดสอบซอเรนเซน (Sorensen test), การทดสอบการพับข้อสะโพก (Trunk flexor test) และ การทดสอบไซต์บริดจ์ (Side bridge test) ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก ได้แก่ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen consumption; VO_2max) และระดับกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold; AT) และตัวแปรด้านความสามารถในการวิ่ง ได้แก่ เวลาในการวิ่งระยะมาราธอนและประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง (Running economy; RE) แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ แบบ 3x2 (หมายถึง กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม x ช่วงเวลาที่วัดตัวแปรใน 2 ช่วงเวลาคือก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัว และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบ LSD ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

สรุปผลการวิจัย

1. ผลของการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า

1.1 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบน้ำหนักตัว มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดในท่าสควอทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระยะเวลาในการวิ่งระยะมาราธอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีค่าความล้าของกล้ามเนื้อต้นขาท่าเหยียด-งอเข่า (knee extension – flexion) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ มีสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสามารถในการออกแรงสูงสุดในท่าสควอท (1-RM squat) แรงสูงสุดท่างอเข่า (knee flexion) ที่ความเร็ว 60° ต่อวินาที ความทนทานของกล้ามเนื้อต้นขาโดยการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระยะเวลาในการวิ่งระยะมาราธอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในท่านั่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสามารถในการออกแรงสูงสุดในท่าสควอท แรงสูงสุดท่างอเข่า (knee flexion) ที่ความเร็ว 60° ต่อวินาที แรงสูงสุดท่าเหยียด-งอเข่า (knee extension – flexion) ที่ความเร็ว 180° ต่อวินาที ความทนทานของกล้ามเนื้อขาโดยการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที ค่างานของกล้ามเนื้อขาท่างอเข่าช่วงต้น (knee flexion) และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะวิ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีระยะเวลาในการวิ่งระยะมาราธอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลของการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงที่มีต่อตัวแปรต่าง ๆ มีดังนี้

2.1 ด้านสรีรวิทยาทั่วไป

พบว่าทั้งก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตของหัวขณะบีบและคลายตัว

2.2 ด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

พบว่าที่ก่อนการฝึกไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความแข็งแรง ความทนทาน และความยืดหยุ่นของกล้ามของกล้ามเนื้อ แต่พบว่าภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีค่าความทนทานของกล้ามเนื้อขาในการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที และค่าความล้าของกล้ามเนื้อต้นขาท่าเหยียด (knee extension) มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก

พบว่าทั้งก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและระยะทางที่ระดับก้นแอนแอโรบิกแต่พบว่าภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่ำกว่ากับกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ด้านความสามารถในการวิ่ง

พบว่าทั้งก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของระยะเวลาของการวิ่งมาราธอน ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาของการวิ่งมาราธอน และค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง

อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านสรีรวิทยาทั่วไป

ภายหลังการฝึกด้วยการวิ่งร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัวและการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาทั่วไป อันได้แก่ น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายและบีบตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทั้ง 3 กลุ่มก่อนการฝึกอันได้แก่ กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ อย่างไรก็ตาม พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในท่านั่ง ของทุกกลุ่มมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยเห็นว่าหากมีจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่านี้ อาจเห็นความแตกต่างทางสถิติ การที่นักวิ่งมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงบ่งชี้ถึงการพัฒนาของสมรรถภาพทางแอโรบิก อาจเป็นเพราะการฝึกตามโปรแกรมของแต่ละกลุ่มมีการออกกำลังกายแบบแอโรบิก อันประกอบไปด้วย การฝึกวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว การฝึกวิ่งแบบความเร็วคงที่ และการฝึกวิ่งระยะไกลที่ความหนักระดับปานกลางถึงสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของกานนินิกาและพุชปา (Kaninika and pushpa, 2014) ที่ได้ศึกษาการออกกำลังกายต่ออัตราการเต้นของหัวใจ (Resting ECG) ขณะพักในนักวิ่งวัยกลางคน โดยติดตามการฝึกด้วยการวิ่งแบบความเร็วคงที่ด้วยระดับความหนักที่ 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระยะเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งการฝึกซ้อมวิ่งในงานวิจัยนี้ ส่งผลให้ร่างกายลดการทำงานขณะพัก ลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic Nervous System; SNS) และเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (Parasympathetic activity ; Vagal tone) ซึ่งไปมีผลต่อการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจกำหนดจากจังหวะหัวใจ (Pacemaker activity) บริเวณจุดกำเนิดคลื่นกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ผนังห้องขวาบน (Sinoatrial node; SA node) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อเล็กซานโดรและคณะ (Alessandro et al., 2018) ที่ได้รายงานผลของการฝึกที่ความหนักสูงสุดของสมรรถภาพของหัวใจและปอด ว่ามีผลต่อการลดลงของ

การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic Nervous System; SNS) และส่งผลให้มีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

2. ด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัวและการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการฝึกมีค่าความสามารถในการออกแรงสูงสุดท่าสควอท (1-RM squat) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 บ่งชี้ว่า กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring) รวมถึงกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteus) มีความแข็งแรงมากขึ้น อาจเป็นผลจากการที่ทุกกลุ่มได้รับการฝึกด้วยแรงต้านในท่าสควอท (Squat) และท่าก้าวย่อ (Lunge) จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เนื่องจากการฝึกด้วยแรงต้านนั้นเป็นการฝึกกล้ามเนื้อให้ทำงานต้านแรงที่สูงกว่าปกติที่กล้ามเนื้อเคยกระทำ ซึ่งสามารถส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการพัฒนาความแข็งแรงได้ (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2532) ความแข็งแรงสูงสุดขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสประสาทที่มากระตุ้นหน่วยยนต์ โดยความแข็งแรงขึ้นอยู่กับหน่วยยนต์ที่ถูกระดมมาใช้งานและความถี่ของแรงกระตุ้นซึ่งเพิ่มขึ้นตามความหนักของการฝึก โดยท่าที่ถูกใช้ในการฝึกนั้นมีลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเหมือนกับการทดสอบความสามารถในการออกแรงสูงสุดในท่าสควอท

อย่างไรก็ตาม การที่ผลของการศึกษาวิจัยนี้พบว่า การฝึกทั้ง 3 กลุ่มสามารถเพิ่มความสามารถในการออกแรงสูงสุดท่าสควอท (Squat 1-RM) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาในท่าเหยียดขา (Knee extension) อาจเป็นเพราะการฝึกด้วยท่าสควอท (Squat) และท่าก้าวย่อ (Lunge) เป็นการฝึกแบบใช้หลายข้อต่อ (Multi - joints) ซึ่งใช้หลายกล้ามเนื้อให้ออกแรงสอดคล้องกัน แต่การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาในท่าเหยียดขาเป็นการทดสอบแบบใช้ข้อต่อเดียว (Single – joints) ซึ่งใช้การออกแรงจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพียงอย่างเดียว จึงทำให้พบความไม่สอดคล้องของผลการทดสอบความแข็งแรงทั้ง 2 รูปแบบ และการฝึกแบบใช้หลายข้อต่อสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามการออกแรง (Antagonist) (ชูพงศ์ จันทร์อรุณ, 2558) ซึ่งมีผลในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับผลของการศึกษาวิจัยนี้ที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในทุกกลุ่มการฝึกด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาของยุนซึงเชนและคณะ (Yun-Tsung Chen et al., 2019) ที่พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด (130% of systolic blood pressure) ในนักวิ่งจำนวน 20 คน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังแต่ไม่เพิ่มในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา

ด้านหน้า ด้วยการทดสอบเหยียด-งอเข่า (Knee extension – flexion) ที่ความเร็ว 60 และ 180 องศาต่อวินาที ส่งผลให้สัดส่วนความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลังลดลง แสดงถึงความสมดุลของกลุ่มกล้ามเนื้อทั้งสองที่มากขึ้นหลังจากการฝึก อีกทั้งลดความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บบริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังจากการวิ่ง

นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดทั้ง 2 กลุ่มมีความทนทานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากการทดสอบยืน - นั่งกับเก้าอี้ 60 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความทนทานของกล้ามเนื้อประกอบด้วย คุณภาพของกล้ามเนื้อ จำนวนของหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ และกลไลทางประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อ เช่น จุดประสานประสาท (Synapse) และ รอยต่อระหว่างเส้นประสาทกับกล้ามเนื้อ (Myoneural junction) (ชูศักดิ์ เวชแพทย์และกัลยา ปาละวิวัธน์, 2536) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Scott et al. (2014) ที่ว่าการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Blood flow restriction) สามารถสร้างสภาวะการขาดออกซิเจนเฉพาะที่บริเวณกล้ามเนื้อ (Localized hypoxia) อาจทำให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการเสริมสร้างในร่างกาย โดยกระตุ้นการเพิ่มสารที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการสันดาปพลังงาน (Metabolites) เพิ่มปฏิกิริยาเคมีกระตุ้นการส่งสัญญานของเซลล์กล้ามเนื้อ รวมถึงกระตุ้นการตอบสนองของระบบต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนในร่างกาย เช่น โกรทฮอร์โมน (Growth Hormone; GH) ที่มีหน้าที่สำคัญในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ (Heitkamp, 2015; Kon et al., 2012; Scott et al., 2014) เป็นต้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดกระบวนการสร้างหลอดโลหิตฝอยใหม่ (Angiogenesis) และการสร้างไมโตรคอนเดรียใหม่ (Mitochondria biogenesis) อีกทั้ง การจำกัดการไหลของเลือดนั้น ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระบบการขนส่งโปรตีน (Monocarboxylate transport; MCT) ภายในกล้ามเนื้อและช่วยกำจัดปริมาณแลคแตทในกล้ามเนื้อ (Christopher john gore et al., 2007) จึงส่งผลให้กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงสามารถพัฒนาความสามารถทางด้านความทนทานของกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ยาวนานโดยไม่เมื่อยล้า (Oliveira et al., 2016)

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาในท่าเหยียดและงอเข่า (knee extension – flexion) และค่างานของกล้ามเนื้อต้นขาในท่างอเข่า (knee flexion) ช่วงต้นการทดสอบ (จูล) ที่ความเร็ว 180°/วินาที ซึ่งเป็นการทดสอบความทนทานของกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง อาจเป็นเพราะการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง สามารถส่งผลให้เกิดสภาวะออกซิเจนต่ำ

(Hypoxia) ในกล้ามเนื้อได้มากกว่าการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ จึงส่งผลให้เกิดการเพิ่มการสะสมของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสร้างพลังงาน (Metabolic stress) ได้มากกว่า จึงส่งผลให้เกิดการขับแลคติกได้มากกว่า (Tadashi Suga et al., 2010)

3. ด้านสมรรถภาพแอโรบิก

จากผลของการศึกษาวิจัย พบว่า ทุกกลุ่มฝึกมีการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเป็นเพราะทุกกลุ่มฝึกได้รับโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองที่เหมือนกัน ประกอบไปด้วย การฝึกวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว (Interval training) การฝึกวิ่งแบบความเร็วคงที่ (Tempo training) และการฝึกวิ่งระยะไกล (Long run training) ที่มีระดับความหนักปานกลางไปจนถึงระดับความหนักสูง (80% – 115% vVO_2max) การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มการฝึกนั้น ชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกดังกล่าว มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกได้เป็นอย่างดี แม้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของระยะทางที่ระดับกั้นแอนแอโรบิกในทุกกลุ่มการฝึกก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของเดวิดและคณะ (David B. et al., 2004) ที่ทำการศึกษานักวิ่งมาราธอนจำนวน 40 คน พบว่า หลังการฝึกวิ่งแบบความเร็วคงที่ ด้วยความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดระยะเวลา 30 นาที จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ พบว่านักวิ่งมาราธอนมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดร่วมกับประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งสูงขึ้น แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของจุดกั้นแอนแอโรบิก ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ (2556) ที่พบว่าการฝึกวิ่งแบบสลับช่วงความเร็วที่ระดับความหนักร้อยละ 80-85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ให้เพิ่มขึ้นได้

ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ที่เพิ่มขึ้นเป็นดัชนีหลักที่บ่งบอกสมรรถภาพทางแอโรบิกของนักวิ่งมาราธอนและเป็นตัวสะท้อนความสามารถในการทำงานของ 3 ระบบหลักของร่างกาย อันได้แก่ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบหายใจ และระบบกล้ามเนื้อ เพราะความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดแปรผันตรงตามปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจได้สูงสุดในหนึ่งนาที (Maximal cardiac output; maxCO) ซึ่งมาจากปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke volume; SV) และอัตราการเต้นของหัวใจ โดยปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนและปริมาณงานที่กระทำ เพราะกล้ามเนื้อที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำงานหนักมากขึ้นจะเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนและส่งผลให้ปริมาณเลือดไหลกลับสู่หัวใจ (Venous return) เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจในแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น โดยระดับความหนักในการฝึกของโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองในงานวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของโฟคเคมาและคณะ (Fokkema et al., 2019) ที่ได้ทำการศึกษารูปแบบการฝึกวิ่งมาราธอนระหว่างความหนักและระยะทางในการฝึกวิ่ง ของนักวิ่งมาราธอนจำนวน 441 คน พบว่าการฝึกที่มีความหนักสูงร่วมกับระยะทางไกลส่งผลทำให้ระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองทั้ง 3 รูปแบบ เป็นการฝึกที่มีระดับความหนักสูงและระยะเวลานาน อีกทั้งมีการฝึกด้วยแรงต้านร่วมด้วย จึงเป็นการเพิ่มความสามารถในการดึงออกซิเจนของกล้ามเนื้อ จากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของเส้นเลือดฝอยกับไมโตคอนเดรีย ทำให้ออกซิเจนมีโอกาสเข้าสู่กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ (Blomqvist and Saltin, 1983) ทำให้มีการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที นอกจากนี้การฝึกดังกล่าวมีการฝึกแบบสลับช่วงร่วมด้วย จึงอาจมีการทำให้หลอดเลือดฝอยและกล้ามเนื้อทำงานได้ดีขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนจากหลอดเลือดฝอยเข้าสู่เนื้อเยื่อและแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเนื้อเยื่อกลับสู่หลอดเลือดได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (ดรุณวรรณ สุขสม และ อาพรรณชนิต ศิริแพทย์, 2550)

4. ด้านความสามารถในการวิ่ง

จากผลการวิจัยพบว่า หลังจากการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกกลุ่มสามารถทำเวลาในการวิ่งระยะมาราธอนได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทั่วไปการลดลงของระยะเวลาการวิ่งมาราธอนขึ้นอยู่กับการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพความทนทานของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพแอโรบิก และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง สำหรับงานวิจัยนี้ทุกกลุ่มการฝึกมีระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนลดลงอาจเป็นเพราะทุกกลุ่มมีสมรรถภาพด้านแอโรบิกที่ดีขึ้น เห็นได้จากความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่เป็นตัวบ่งชี้หลักถึงสมรรถภาพด้านแอโรบิกที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังพบว่าความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาและสะโพกด้วยการออกแรงแบบหลายข้อต่อเพิ่มมากขึ้นในทุกกลุ่มฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการวิ่ง (Fei li., 2019) แต่กลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีการเปลี่ยนแปลงด้านประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพียงกลุ่มเดียว ซึ่งประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง คือ ปริมาตรของออกซิเจนที่

ร่างกายใช้น้อยที่สุดด้วยระดับความหนักคงที่ที่ต่ำกว่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปัจจัยทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งประกอบด้วย อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ปริมาตรการหายใจสูงสุด และความทนทานของกล้ามเนื้อ ในการพัฒนาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง นักวิ่งจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและกล้ามเนื้อเป็นหลักเพื่อเพิ่มไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ในกล้ามเนื้อลาย (Kyle R. barnes, 2015) ซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างพลังงานในกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและใช้ปริมาณออกซิเจนลดลง (Assumpcao Cde O et al., 2013) คาดว่าอาจเป็นเพราะ

ผลจากการที่ค่าแรงสูงสุดท่าเหยียด-งอเข่า (knee extension – flexion) ที่ความเร็ว 180° ต่อวินาที และค่างานของกล้ามเนื้อขาท่างอเข่า (knee flexion) ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งจากการเพิ่มความสามารถในการทนต่อการเพิ่มขึ้นของเลคเตทบริเวณที่ได้รับการบีบรัดได้มากขึ้น จากการขนส่งโปรตีนโมโนคาร์บอกซิเลต (Monocarboxylate transport; MCT) ที่เพิ่มขึ้นภายในกล้ามเนื้อซึ่งมีการปรับเพิ่มขึ้นเพื่อขนส่งลำเลียงปริมาณแลคแตทออกไปจากกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลของการฝึกในสภาวะขาดออกซิเจน (Christopher john gore rt al., 2007) นอกจากนี้จากจำกัดการไหลของเลือดยังสามารถส่งผลให้เกิดกระบวนการสร้างหลอดโลหิตฝอยใหม่ (Angiogenesis) และการสร้างไมโตรคอนเดรียใหม่ (Mitochondria biogenesis) ทำให้กล้ามเนื้อมีความทนทานมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งได้

นอกจากนี้จากผลการศึกษายังพบว่า ในกลุ่มฝึกด้วยการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง มีร้อยละความเปลี่ยนแปลงในการวิ่งระยะมาราธอนที่มาก (14%) กว่ากลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว (9%) และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ (5%) อาจเป็นเพราะรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีการพัฒนาด้านความทนทานของกล้ามเนื้อและมีการเปลี่ยนแปลงด้านประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แตกต่างจากกลุ่มฝึกอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของปาตงและคณะ (Paton et al., 2017) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตในนักวิ่ง ต่อสมรรถภาพทางกายเชิงแอโรบิกและระยะเวลาต่อการเกิดความล้า พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ความเร็วสูงสุดในการวิ่ง ความทนทานต่อความล้าขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และค่าประสิทธิภาพในการวิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัยในภาพรวม

การฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวเองร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดในนักวิ่งวัยกลางคน จำนวน 5 วันต่อสัปดาห์ รวม 12 สัปดาห์ โดยการฝึกแบ่งเป็น 2 รูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ และฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง นำมาเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว พบว่าทุกกลุ่มฝึกมีความแข็งแรง ของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้านหลัง สะโพก และมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้ทุกกลุ่มการฝึกมีระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนที่ลดต่ำลง ทั้งนี้พบว่าระยะเวลาของกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีร้อยละการลดลงของระยะเวลาในการวิ่งมาราธอนที่สูงกว่ากลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ เนื่องจากกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูงมีความทนทานของกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งที่ดีขึ้น ในขณะที่กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว และกลุ่มฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำไม่พบการเปลี่ยนแปลง จึงสามารถสรุปได้ว่า การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง ร่วมกับการฝึกวิ่งรูปแบบสลับช่วงความเร็ว การฝึกวิ่งแบบความเร็วคงที่ และการฝึกวิ่งระยะไกล มีประสิทธิภาพดีในการเสริมสร้างความสามารถในการวิ่งนักวิ่งมาราธอนวัยกลางคนที่มีข้อจำกัดทางด้านสมรรถภาพที่ไม่สามารถฝึกด้วยความหนักสูงได้ การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าจะมีประโยชน์สำหรับใช้ฝึกนักวิ่งวัยกลางคน เพื่อส่งผลต่อการพัฒนาด้านสมรรถภาพความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพทางแอโรบิก และประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งของนักวิ่งวัยกลางคน อันจะส่งผลให้นักวิ่งวัยกลางคนสามารถลดเวลาในการวิ่งระยะไกลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จึงทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นไปตามเกณฑ์การคัดเข้ามีจำนวนน้อย และเนื่องจากคำสั่งของรัฐบาลให้ประชาชนกลับเคหสถานก่อนเวลาที่กำหนดร่วมกับมาตรการเพิ่มระยะห่างทางสังคม ทำให้มีความยากลำบากในการเก็บรวบรวมข้อมูลและฝึกซ้อมในนักวิ่งวัยกลางคน

2. งานวิจัยนี้ไม่ได้ควบคุมโภชนาการของผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ

3. โปรแกรมการฝึกในงานวิจัยนี้มีระดับที่หนัก ร่วมกับสมรรถภาพของนักวิ่งที่ลดลงจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จึงส่งผลให้การฝึกต้องใช้เวลาในการเตรียมร่างกายให้พร้อมจึงจะเริ่มการฝึกได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนของเลือดควรมีการดูแลผู้ร่วมการฝึกอย่างใกล้ชิดโดยต้องคอยประเมินอาการผิดปกติจากการบีบรัดที่สูงเกินเพื่อมิให้นักกีฬาเกิดอันตรายจากการฝึก

2. การดำเนินการทดสอบตัวแปรความสามารถในการวิ่งด้วยการวิ่งระยะมาราธอน ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนยาก ควรเลือกการทดสอบที่ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้ดียิ่งขึ้น

3. ควรมีการสร้างความคุ้นเคยในการฝึกด้วยแรงต้านก่อนเริ่มการทดลอง

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

1. ควรมีการนำแบบทดสอบอื่น ๆ เช่น ความถี่ในการก้าว (Cadence) ระยะก้าว (Stride length) และการออกแรงขณะวิ่ง เพื่อประเมินตัวแปรต่าง ๆ ภายหลังการฝึกให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. ควรมีการตรวจวิเคราะห์ค่าสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน เลคเตทในเลือดขณะทดสอบด้วยการวิ่งระยะมาราธอน เป็นต้น อันจะนำมาเป็นข้อมูลในการทำให้ทราบถึงผลของโปรแกรมการฝึกซ้อมวิ่งที่ออกแบบได้

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัยและเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย

AF 02-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 101/2563

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 041.1/63 : ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ผู้วิจัยหลัก : นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์กีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

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

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

วันที่รับรอง : 22 เมษายน 2563 **วันหมดอายุ** : 21 เมษายน 2564

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

ที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 02-14) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย/ผู้อยู่ในปกครองและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ชื่อผู้วิจัย นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนน พระราม 1 แขวง วังใหม่ เขต ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
(ที่บ้าน) 82/90 หมู่บ้านทิพวัล ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
โทรศัพท์มือถือ 081-6182315 E-mail : ton_auckarasead@hotmail.com

เรียน อาสาสมัครทุกท่าน

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยนี้ โปรดทำความเข้าใจในงานวิจัยนี้ว่าเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสามารถสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

1. งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ

ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคนโดยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน อายุ 35 - 45 ปี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

2. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมวิจัยและคุณสมบัติ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในอาสาสมัครที่เป็นนักวิ่งอายุระหว่าง 35 – 45 ปี จำนวนทั้งสิ้น 51 คน โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 12 สัปดาห์ โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Inclusion criteria)

1.เป็นนักวิ่ง เพศชายและเพศหญิง อายุ 35 – 45 ปี

2. เคยเข้าร่วมและจบการแข่งขันวิ่งมาราธอนมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยใช้เวลาน้อยกว่า 6 ชั่วโมงในการแข่งขันวิ่งมาราธอน (กรุงเทพมาราธอน, 2562)

3.ฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 เดือน และระยะทางรวมอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ (Josh clark, 2016)

4.ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ลมชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น

5. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากอุบัติเหตุและการออกกำลังกายอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน

6. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและยินดีลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าร่วมการฝึกไม่ถึงร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกหรือจำนวน 48 ครั้ง จากทั้งหมด 60 ครั้งตลอดช่วงระยะเวลาการฝึก โดยแจกแจงเป็นการฝึก 2 รูปแบบดังนี้

1.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าร่วมการฝึกด้วยการวิ่งไม่ถึงร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกหรือจำนวน 29 ครั้ง จากทั้งหมด 36 ครั้งตลอดช่วงระยะเวลาการฝึก

1.2 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านไม่ถึงร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกหรือจำนวน 19 ครั้ง จากทั้งหมด 24 ครั้งตลอดช่วงระยะเวลาการฝึก

2. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไป เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรืออาการเจ็บป่วย เป็นต้น

3. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การประชาสัมพันธ์เพื่อรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยผ่านทางฝ่ายประชาสัมพันธ์ทางโซเชียลมีเดีย คือ เฟซบุ๊ก ไลน์ และติดต่อชมรมวิ่งอิสระด้วยตนเอง โดยผู้ที่สนใจสามารถติดต่อเพื่อเข้าร่วมการวิจัยได้ตามที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ของผู้วิจัยที่ระบุในเอกสารประชาสัมพันธ์

3. การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยกรอกข้อมูลแบบทดสอบคัดกรองเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยแบบสอบถามการวิ่งมาราธอนและแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (อายุ 15-69 ปี) ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย โดยใช้เวลาทำแบบทดสอบประมาณ 15 นาที โดยผู้ที่ไม่ได้รับการคัดเลือกจะได้ของที่ระลึกเป็นผ้าเช็ดหน้าสำหรับซับเหงื่อจำนวน 1 ผืน

4. การดำเนินงานสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

สำหรับผู้ที่ได้คัดเลือกเข้าร่วมวิจัย

4.1 ผู้วิจัยจะอธิบายถึงวัตถุประสงค์และกระบวนการขั้นตอนการวิจัยแก่ผู้ที่ผ่านเกณฑ์ฯ ซึ่งหากผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจและยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะขอให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงชื่อใน*ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย* โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกสุ่มเข้ากลุ่มการทดลอง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

1) กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว
2) กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำผสมการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ระดับแรงดันสูง
3) กลุ่มทดลองที่ 3 ได้รับโปรแกรมการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงผสมการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่ระดับแรงดันต่ำ

4.2 ดำเนินการทดสอบร่างกายก่อนการทดลอง (Pre-test) ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอุปกรณ์ช่วยชีวิตเป็นเครื่องกระตุกหัวใจ

ไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ ซึ่งมีผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ จำนวนทั้งสิ้น 3 คน เป็นผู้ดูแลการทดสอบทุกครั้ง โดยผู้เข้าร่วมวิจัยต้องพักผ่อนโดยการนอนหลับเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมงและรับประทานอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง โดยใช้เวลาทดสอบรวมประมาณ 2 ชั่วโมงยกเว้นวันที่ผู้ทดสอบทำการทดสอบด้วยการวิ่งมาราธอนที่จะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 6 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนในการทดสอบร่างกายก่อนการทดลอง (Pre-test)

ผู้เข้าร่วมจะต้องเดินทางมาทดสอบฯ ณ ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งหมด 6 ครั้ง การทดสอบฯ ทั้งก่อนการทดลอง 3 ครั้งและหลังการทดลอง 3 ครั้ง นั้นมีรายละเอียดการทดสอบฯ ดังนี้ การทดสอบฯ แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 1 วันและต้องพักร่างกายก่อนทำการทดสอบฯ ครั้งต่อไปอย่างน้อย 2 วัน ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันทดสอบใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ยกเว้นวันที่ผู้ทดสอบทำการทดสอบด้วยการวิ่งมาราธอนที่จะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 6 ชั่วโมง โดยการทดลองมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

การทดสอบตัวแปรวันที่ 1 ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

ตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป

1. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที ต่อมาผู้วิจัยจะทำการวัดความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว-คลายตัวและอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล

2. วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมใส่เสื้อผ้าที่ไม่ประกอบด้วยโลหะ ถอดเครื่องประดับทั้งหมด และนอนบนเตียงตรวจเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ: ความหนาของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมกางเกงขาสั้นหรือกางเกงที่สามารถพับขึ้นสูงกว่าข้อเข่าได้ และทำการวัดความความหนาของกล้ามเนื้อต้นขาให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย โดยการใช้เครื่อง อัลตราซาวน์

ตัวแปรด้านสมรรถภาพทางแอโรบิก

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่หน้ากากวัดอัตราการหายใจและยืนนิ่งเป็นเวลา 3 นาที เพื่อบันทึกค่าด้วยเครื่องวัดอัตราการหายใจ เมื่อครบ 3 นาที ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเดินบนลู่กล 5 นาที เสร็จแล้วจึงเริ่มต้นการทดสอบ โดยเริ่มต้นวิ่งที่ความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที โดยมีความชันขณะทดสอบที่ 1% เพิ่มจำลองการวิ่งให้ใกล้เคียงกับการวิ่งนอกสถานที่ จากนั้นหลังจากวิ่งจนครบ 5 นาที ทำการเปลี่ยนขั้นความหนักการออกกำลังกายโดยการเพิ่มความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติต่อไปไม่ไหวและทำการหยุดการทดสอบ โดยจะบอกด้วยวาจาหรือแสดงด้วยอาการที่แสดงว่าถึงขีดสุดของความสามารถในการออกกำลังกายแล้ว เช่น หอบเหนื่อยมาก หายใจแรงมาก หรือแสดงจากความสามารถในการวิ่งลดลง ซึ่งระหว่างการทดสอบจะมีการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินการรับรู้ความเหนื่อย (Borg's RPE scale) ที่ 15 วินาที ก่อนเปลี่ยนความหนักการออกกำลังกาย เมื่อหยุดการทดสอบแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักด้วยการเดินบนลู่กลเป็นเวลา 5 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบทั้งหมดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดพักเป็นเวลา 2 วัน

การทดสอบตัวแปรวันที่ 2 ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ : การหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด

ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ เมื่อยืดเหยียดกล้ามเนื้อเสร็จแล้ว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเครื่องทดสอบโดยจะมีเจ้าหน้าที่ดูแลและติดตั้งอุปกรณ์ โดยก่อนการทดสอบจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองทำเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือและโปรแกรม โดยทดลองเตะขาและงอขา 3 ครั้ง แล้วพัก 30 วินาที จากนั้นเริ่มการทดสอบด้วยการออกแรงเตะขาขึ้นและงอขาลงให้แรงที่สุดจำนวน 3 ครั้ง เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 5 นาทีเพื่อรอทำการทดสอบต่อไป

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ : ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการเลือกน้ำหนักที่ใช้ยกในท่าย่อยืน (Squat) ที่น้ำหนักใดก็ได้แล้วทำท่าย่อยืน (Squat) ด้วยน้ำหนักที่เลือกมาให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 5 นาทีเพื่อรอทำการทดสอบต่อไป

ตัวแปรด้านสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ : ความทนทานของกล้ามเนื้อ

ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการลุกนั่งกับเก้าอี้ในเป็นระยะเวลา 60 วินาที ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องปฏิบัติให้เต็มความสามารถ โดยการนั่งลงนั้นปฏิบัติเพียงให้สะโพกสัมผัสเก้าอี้ ไม่ลงน้ำหนักเต็มที่แล้วจึงยืนขึ้น โดยบันทึกจำนวนครั้งที่ผู้เข้ารับการทดสอบลุกขึ้นยืนตรงและนั่งลงอย่างถูกต้องในเวลา 60 วินาที ซึ่งในการทดสอบจะไม่นับจำนวนครั้งในกรณีต่อไปนี้ 1. ในขณะยืน ขาและลำตัวไม่เหยียดตรง 2. ในขณะนั่ง สะโพกไม่สัมผัสเก้าอี้ เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักจนหายล้าแล้วทำการทดสอบต่อไป จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวด้วยการทดสอบด้วยการเกร็งหลังค้างตะแคงข้างค้างและการทดสอบด้วยการพับข้อสะโพกค้างให้นานที่สุด เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพัก 5 นาทีเพื่อรอทำการทดสอบต่อไป

ตัวแปรด้านสมรรถภาพในการวิ่ง : *ค่าประสิทธิภาพในการวิ่งหรือค่าประหยัดพลังงานในการวิ่ง*

ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่หน้ากากวัดอัตราการหายใจและยืนนิ่งเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นระยะเวลา 5 นาทีและจึงตามด้วยการพัก 5 นาที จากนั้นเริ่มการทดสอบด้วยการวิ่งที่ความเร็ว 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเป็นระยะเวลา 10 นาที เมื่อเสร็จแล้วคลายอุ่น โดยการเดินบลู่กลเป็นเวลา 5 นาที จึงเสร็จสิ้นการทดสอบ เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบทั้งหมดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดพักเป็นเวลา 2 วัน

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

การทดสอบตัวแปรวันที่ 3 ใช้ระยะเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

ตัวแปรด้านสมรรถภาพในการวิ่ง

ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ เสื่อเสร็จแล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัย ทดสอบด้วยการวิ่งเป็นระยะทาง 42.195 กิโลเมตรด้วยความเร็วสูงสุดขณะทำการแข่งขันมาราธอน เมื่อวิ่งครบระยะทาง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยคลายอุ่น และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จึงเสร็จสิ้นการ

ทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยจะแจ้งระยะทางแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อวิ่งครบแต่ละกิโลเมตร โดยการทดสอบจะเริ่มในช่วงเวลา 6 หรือ 17 นาฬิกา

4.3 ดำเนินการฝึกโดยมีรายละเอียดการฝึก ดังตารางที่ 1 และผู้วิจัยจะอธิบายวิธีการติดตามผลการฝึกซ้อมผ่านโปรแกรม Polar beat, Line และโทรศัพท์

ตารางที่ 1 โปรแกรมการฝึกซ้อม

วัน/สัปดาห์	วันที่ 1 Rest	*วันที่ 2 Interval run (Run:Rest)sec.,vVO_2max	*วันที่ 3 Resistance training (RT) + Easy run	วันที่ 4 Rest	*วันที่ 5 Tempo run 90-95% vVO_2max	*วันที่ 6 Resistance training (RT) + Easy run	*วันที่ 7 Long run 80-85% vVO_2max
1	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	RT	Rest	20 min.	RT	13.8 k
2	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	RT	Rest	20 min.	RT	15.3 k
3	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	RT	Rest	20 min.	RT	17 k
4	Rest	(60:60)x15 , 95-100%	RT	Rest	20 min.	RT	18.9 k
5	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	RT	Rest	25 min.	RT	21 k
6	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	RT	Rest	25 min.	RT	23.3 k
7	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	RT	Rest	25 min.	RT	25.9 k
8	Rest	(60:60)x15 , 100-105%	RT	Rest	25 min.	RT	28.8 k
9	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	RT	Rest	30 min.	RT	32k
10	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	RT	Rest	30 min.	RT	32k
11	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	RT	Rest	30 min.	RT	32k
12	Rest	(60:60)x15 , 105-115%	RT	Rest	30 min.	RT	32k

**ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมประมาณ 1 ชั่วโมง*

***ระยะเวลาในการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล โดยผู้ฝึกสามารถกำหนดสถานที่ได้เองแต่ต้องเป็นทางราบความชันไม่เกิน 1%*

การฝึกด้วยแรงต้านฯ จะทำการฝึกจำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ ใช้เวลาประมาณ 60 นาทีต่อวัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยใช้ท่าฝึกท่าย่อยืน (Squat), ท่าก้าวย่อ (Leg lunge), ท่ายืนเขย่ง (Standing calf Raises), ท่าดันพื้น (Push up), ท่าดันเบาะ (Dips), ท่ากระดาน (Plank), ท่านั่งพับตัว (Sit up) ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละกลุ่มดังนี้

- กลุ่มที่ 1 อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 20 นาที ต่อด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักตนเอง จำนวน 4 ชุด ชุดละ 15 ครั้ง จังหวะการออกแรง 2:2 วินาที โดยมีระยะเวลาพักระหว่างชุด 60 วินาที
- กลุ่มที่ 2 อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 20 นาที ต่อด้วยการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนัก 20% ของน้ำหนักสูงที่สุดที่สามารถฝึกได้ ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตด้วยแรงดัน 80% ของความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิด

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

กั้น ตนเอง จำนวน 4 ชุด ชุดละ 15 ครั้ง จังหวะการออกแรง 2:2 วินาที โดยมีระยะเวลาพักระหว่างชุด 60 วินาที

- กลุ่มที่ 3 อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 20 นาที ต่อด้วยการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนัก 70% ของน้ำหนักสูงที่สุดที่สามารถฝึกได้ ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตด้วยแรงดัน 40% ของความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น ตนเอง จำนวน 4 ชุด ชุดละ 15 ครั้ง จังหวะการออกแรง 2:2 วินาที โดยมีระยะเวลาพักระหว่างชุด 60 วินาที

โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องมาทำการฝึกที่ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดการปฏิบัติตัวระหว่างเข้าร่วมการวิจัยสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

1) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถฝึกซ้อมเพิ่มเติม นอกเหนือจากโปรแกรมที่ได้กำหนดให้ฝึกซ้อมของแต่ละกลุ่มได้ เพื่อให้การปฏิบัติการฝึกซ้อมของแต่ละกลุ่มเหมือนกัน
2) การแต่งกายสำหรับการทดสอบและการฝึกซ้อม
    2.1 เสื้อที่มีลักษณะกระชับรับสัดส่วน สามารถระบายอากาศได้ดี
    2.2 กางเกงที่สามารถระบายอากาศได้ดี
    2.3 รองเท้าวิ่งระยะไกลส่วนบุคคล และถุงเท้าที่สามารถระบายอากาศได้ดี
3) ในระหว่างการฝึกซ้อม ผู้วิจัยจะจัดบริการน้ำดื่มสะอาด ให้บริการแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย
4) ควรรับประทานอาหารก่อนทำการทดสอบและการฝึกอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
5) ผลการทดสอบร่างกาย ผู้วิจัยจะแจ้งผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ พร้อมทั้งให้คำแนะนำในการปฏิบัติตัวแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยต่อไป ผู้วิจัยจะรายงานผลเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพ หรือแนะนำให้ปรึกษาแพทย์และบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป
6) ผู้วิจัยจะรายงานผลดีของการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพและความสามารถทางการวิ่งเมื่อร่วมการฝึกครบทุก 4 สัปดาห์

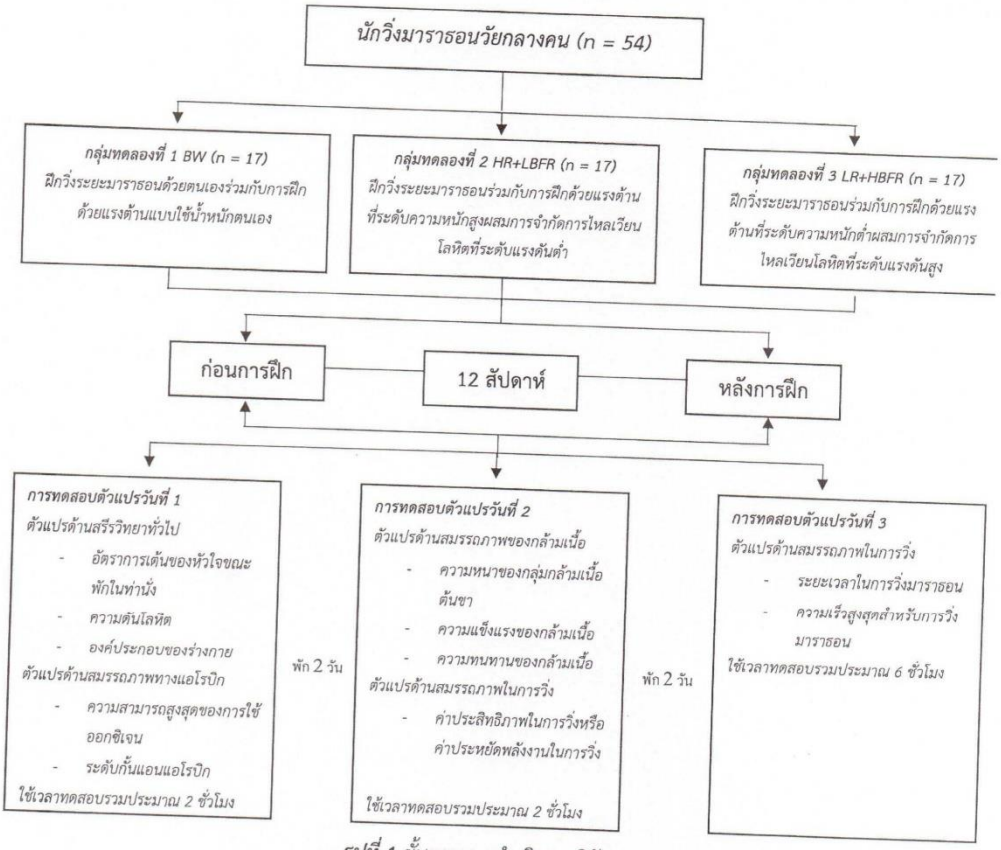
เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

AF 04-07

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 1 คน ทำหน้าที่ช่วยบันทึกข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายรูปแบบการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ รวมถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยให้ผู้ช่วยวิจัยอย่างชัดเจน

2. สถานที่ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสนามศุภชลาศัย กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

5. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยอย่างรอบคอบ โดยการปกปิดข้อมูลทุกข้อมูลของท่านในการทดลองครั้งนี้ จะไม่มีการระบุชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัย จะมีเพียงหมายเลขระบุลำดับการเข้าร่วมการวิจัยเท่านั้น จะมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564 V3.0/2562

6. เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย

7. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ และมีผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย ดูแลอย่างใกล้ชิดในเรื่องของความปลอดภัยทั้งในขณะออกกำลังกายและไม่ได้ออกกำลังกาย ผู้วิจัยได้ป้องกันการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายด้วยการออกแบบโปรแกรมการฝึกอย่างเป็นขั้นตอนตามลำดับ เพื่อให้ร่างกายค่อย ๆ ปรับสภาพ อีกทั้งโปรแกรมการออกกำลังกายได้ออกแบบมาเฉพาะเจาะจงรายบุคคล โดยการฝึกอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่ออาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย (Delayed onset muscle soreness) ซึ่งเป็นอาการปกติของผู้ที่เริ่มการฝึกและอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงซึ่งเกิดจากการจำกัดการไหลของเลือดที่อาจส่งผลให้เกิดผลข้างเคียงจากการฝึกได้ดังต่อไปนี้ เป็นลม เวียนศีรษะ อาการชา อาการรู้สึกไม่สบายตัว เพราะเมื่อนำอุปกรณ์จำกัดการไหลเวียนของเลือดออกจะทำให้เกิดภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดมายังเนื้อเยื่อ (Hyperemia) ซึ่งจะทำให้เกิดอาการบวมของเซลล์ โดยผู้วิจัยจะมีการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุโดยให้คำแนะนำสำหรับการเตรียมความพร้อมของร่างกายและอธิบายขั้นต่อการวิจัยอย่างละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจและลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ อีกทั้งผู้วิจัยได้จัดทำโปรแกรมการออกกำลังกายที่ครอบคลุมการอบอุ่นร่างกาย การผ่อนคลาย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อลดอาการดังกล่าว หากมีการเกิดอุบัติเหตุหรือได้รับบาดเจ็บ ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นด้วยวิธีการที่เหมาะสมต่อการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุนั้น ๆ และทำการติดต่อสถานพยาบาลใกล้เคียงเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการดูแลจากผู้เชี่ยวชาญต่อไป ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา หากผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับความคุ้มครองตามกฎหมาย และจะได้รับค่ารักษาจนกว่าจะหาย

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัยและของงานวิจัย

ในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ท่านจะได้รับแผนการฝึกวิ่งและการฝึกด้วยแรงต้านสำหรับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียดและมีแบบแผน รวมถึงได้เรียนรู้การฝึกวิ่งมาราธอนที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับรายบุคคล อีกทั้งได้รับการตรวจสมรรถภาพทางกายทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียดโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น องค์ประกอบของร่างกาย, ความทนทานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, ความสามารถสูงสุดของการใช้ออกซิเจน, ระดับกั้นแอนแอโรบิก, ค่าประหยัดพลังงานในการวิ่ง และได้รับความรู้ทางสรีรวิทยาทางการกีฬาพื้นฐานขณะทำการฝึกและนอกจากนี้จะได้ประโยชน์ทางวิชาการต่อส่วนรวมที่จะเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัยของท่านในครั้งนี้ ผลการวิจัยจะนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้การฝึกด้วยการจำกัดการไหลเวียนโลหิตในนักกีฬาวิ่งและกีฬาอื่นต่อไป

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

9. การแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ในวันทดสอบร่างกายทั้งก่อนและหลังการทดลอง ผู้วิจัยจะทำการเตรียมน้ำแข็ง น้ำดื่ม เกลือแร่ ทิชชู่แห้งหรือทิชชู่เปียกให้ผู้เข้าร่วมวิจัย และเมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นผู้วิจัยจะแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยของที่ระลึกเป็นผ้าเช็ดหน้าสำหรับซับเหงื่อจำนวน 1 ผืนและเงินค่าพาหนะเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเข้าร่วมการฝึกแบบเหมาจ่ายเป็นจำนวน 1,000 บาทและค่าพาหนะเดินทางเพื่อ

มาทดสอบร่างกายทั้งก่อนและหลังการทดลองจำนวน 600 บาท โดยจะมอบให้หลังจากทำการทดสอบร่างกายหลังการทดลองเสร็จสิ้น

10. การเข้าร่วมการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ สามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

11. หากมีข้อสงสัย โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

12. หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามยินยอม/ยินยอมด้วยวาจา เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้วิจัยหลัก
วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เข้าร่วมการวิจัย
วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน
วันที่...../...../.....

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและประวัติการวิ่งมาราธอน

คำชี้แจง: โปรดระบุข้อมูลในช่องว่างหรือใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับตัวท่านมากที่สุด

1. ข้อมูลทั่วไป

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ.....ปี

2. ประวัติการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

2.1 ประสบการณ์วิ่ง ☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ มากกว่า 1 ปี โปรดระบุ.....ปี

2.2 ความถี่การฝึกซ้อมต่อสัปดาห์ .....วัน

2.3 ระยะทางรวมเฉลี่ยต่อการฝึกซ้อม 1 สัปดาห์.....กิโลเมตร

2.4 ระยะเวลาสูงสุดที่เคยฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง 4 วันต่อสัปดาห์ขึ้นไป

☐ ไม่เคย
☐ 1 – 12 สัปดาห์
☐ 12 - 24 สัปดาห์
☐ มากกว่า 24 สัปดาห์

2.5 อุบัติเหตุจากการฝึกซ้อม ☐ ไม่เคย ☐ เคย โปรดระบุ.....

2.6 จำนวนการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งมาราธอน

☐ 1 รายการ
☐ 2 รายการ
☐ 3 รายการ
☐ มากกว่า 3 รายการ

2.7 เวลาที่ดีที่สุดที่ใช้เข้าเส้นชัยในการแข่งขันวิ่งมาราธอน โปรดระบุ .....

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

ภาคผนวก ค

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกาลังกาย สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี

(Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)

การตอบคำถามในแบบประเมินจะช่วยบอกว่าท่านสมควรเข้ารับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่ท่านจะเริ่มต้นการฝึกออกำลังกายระดับหนักหรือไม่

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่ ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

ใช่	ไม่ใช่	
☐	☐	1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจ และควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนาของแพทย์เท่านั้น
☐	☐	2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	3. ในช่วงเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก ในขณะที่อยู่เฉย ๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	4. ท่านเคยเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องมาจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยหมดสติหรือไม่ ?
☐	☐	5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อ ที่อาการอาจกำเริบเนื่องจากการออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	6. ท่านเคยได้รับการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูง หรือความผิดปกติของหัวใจหรือไม่ ?
☐	☐	7. ท่านทราบถึงเหตุผลอื่น ที่ท่านไม่ควรเพิ่มการฝึกออกกำลังกายของท่าน หรือไม่ ?

ที่มา : ACSM, 2014.

ถ้าท่านเลือก "ใช่" ในข้อใดข้อหนึ่ง หรือมากกว่า

ท่านควรปรึกษาแพทย์เกี่ยวกับแบบสอบถามในข้อที่ตอบว่า "ใช่"

ท่านยังคงสามารถออกกำลังกายได้ตามที่ท่านต้องการโดยให้เริ่มออกกำลังกายได้อย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ หรือท่านอาจจะกำหนดการฝึกออกกำลังกายที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับตนเอง โดยขอคำแนะนำจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชนิดของกิจกรรมที่ท่านสามารถทำได้

ถ้าท่านเลือก "ไม่ใช่" ในการตอบคาถามทั้งหมด

ท่านแน่ใจได้เลยว่า ท่านสามารถเริ่มการฝึกออกกำลังกายได้ตามที่ท่านต้องการ

- ท่านเริ่มออกกำลังกายได้โดยเริ่มจากการทำช้า ๆ และทำอย่างสม่ำเสมอซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัยและง่ายที่สุด
- ถ้าท่านรู้สึกไม่สบายเนื่องจากการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่น เป็นไข้หวัด ท่านควรจะพักจนกว่าท่านจะรู้สึกดีขึ้น และหายจากอาการเจ็บป่วยนั้น ๆ ก่อน ที่จะกลับมาฝึกออกกำลังกายอีกครั้ง

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบประเมินความพร้อมก่อนการฝึกออกกำลังกายทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมวิจัย วันที่...../...../.....

(.....)

ลงชื่อ.....ผู้ทำการวิจัย วันที่...../...../.....

(.....)

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63

วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563

วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

วันเดือนปีเกิด..... อายุ.....ปี ผู้บันทึก.....

ข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป (ก่อนการทดสอบ – นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที)

ตัวแปร	ผลการทดสอบ	หมายเหตุ
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร)		
ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)		
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)		
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)		
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)		

☐ การวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Dual-energy X-ray absorptionmetry; DEXA)

ข้อสังเกต

.....

☐ Ultrasonography

ข้อสังเกต .....

☐ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

☐ ขาขวา

☐ ขาซ้าย

ข้อสังเกต

.....

☐ Maximal incremental treadmill test

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63

วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563

วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

98

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/63
วันที่รับรอง 22 เม.ย. 2563
วันหมดอายุ 21 เม.ย. 2564

ภาคผนวก ฌ

เอกสารประชาสัมพันธ์

ขอเชิญเข้าร่วมการทดลองผลของการฝึกด้วยแรงต้าน

ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิตต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

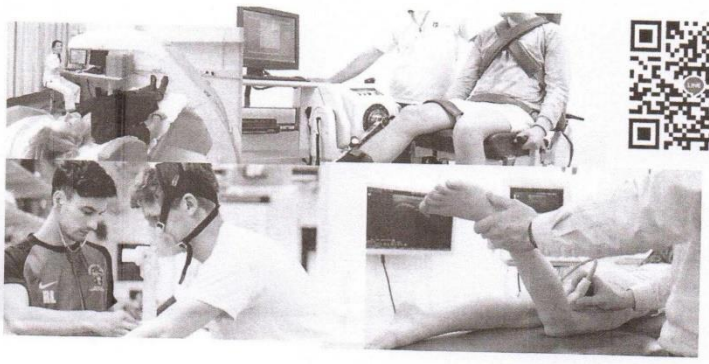
1. เป็นนักวิ่ง เพศชายและเพศหญิง อายุ 35 – 45 ปี
2. เคยเข้าร่วมและจบการแข่งขันวิ่งมาราธอนมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง โดย**ใช้เวลาน้อยกว่า** 6 ชั่วโมงในการแข่งขันวิ่งมาราธอน
3. **ฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 เดือน และระยะทางรวมอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์** (Josh clark, 2016)
4. **ไม่มีโรคประจำตัว** เช่น โรคหัวใจ ลมชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น
5. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากอุบัติเหตุและการออกกำลังกายอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย**อย่างน้อย 6 เดือน**
6. มีความ**สมัครใจเข้า**ร่วมการวิจัยและยินดีลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อสมรรถภาพการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ประโยชน์จากการเข้าร่วมการวิจัย

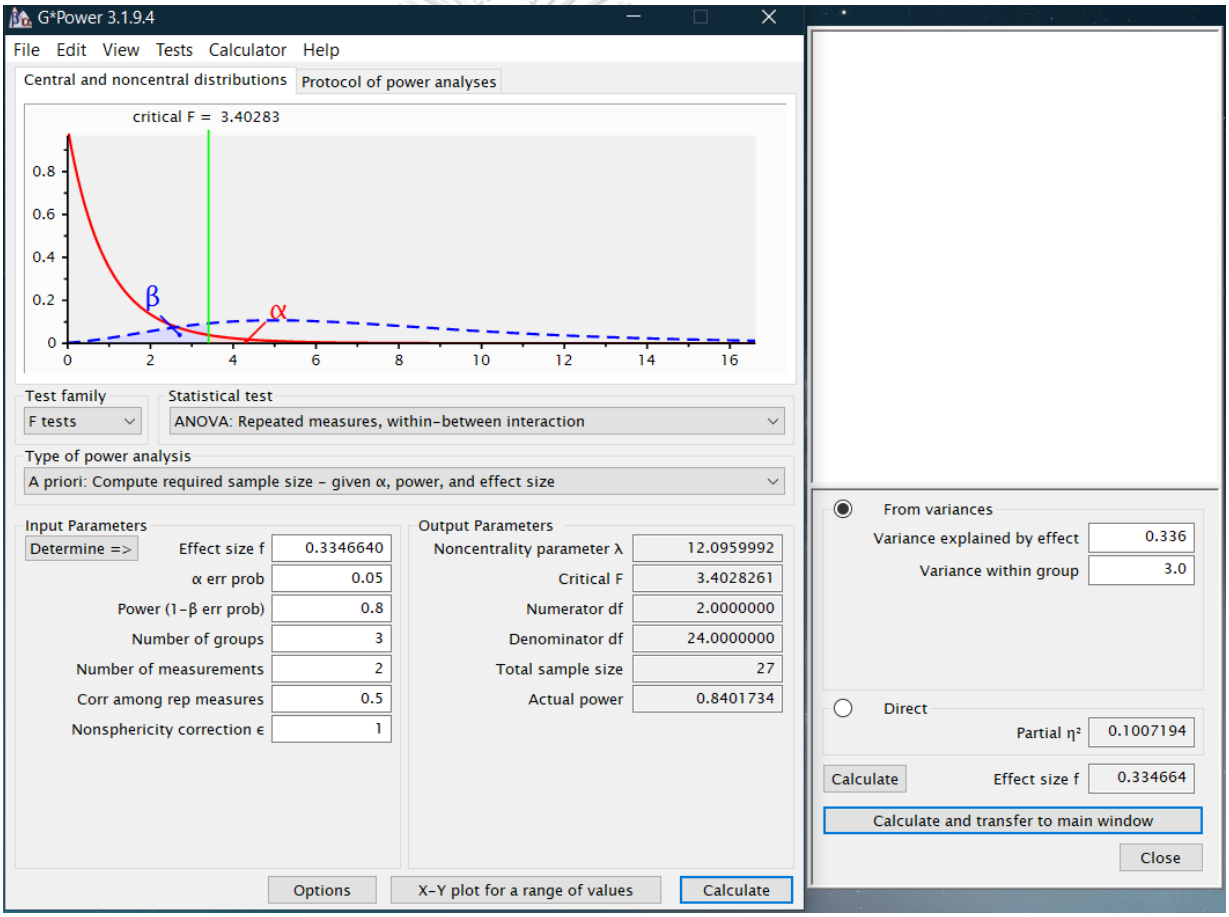
1. ได้รับการตรวจสมรรถภาพทางกายทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียดโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น องค์ประกอบของร่างกาย, ความทนทานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, Maximal oxygen consumption, Anaerobic threshold, Running economy
2. ได้เรียนรู้การฝึกวิ่งมาราธอนอย่างถูกต้องและเหมาะสมสำหรับรายบุคคล
3. ได้รับแผนการฝึกวิ่งและการฝึกด้วยแรงต้านสำหรับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียด
4. ได้รับความรู้ทางสรีรวิทยาทางการกีฬาพื้นฐานขณะทำการฝึก
5. ได้รับของที่ระลึกและค่าตอบแทน



ติดต่อ
นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล (ต้น)
โทรศัพท์: 081-6182315
Line ID: tontorpedo
ห้องปฏิบัติการ
ทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย
อาคารจุฬาพัฒน์ 14 ชั้น 10
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power)

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักวิ่งมาราธอนทั้งเพศชายและหญิง ตั้งแต่อายุ 35 ถึง 45 ปี ในจังหวัดกรุงเทพมหานครฯ กำหนดค่าแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลของทากาดะ (Takada, 2013) โดยกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Portable error; α) ที่ 0.05 ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size; **d**) ที่ 0.34 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 27 คน



การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power)

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลและประวัติการวิ่งมาราธอน

คำชี้แจง: โปรดระบุข้อมูลในช่องว่างหรือใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับตัวท่านมากที่สุด

1. ข้อมูลทั่วไป

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ.....ปี

2. ประวัติการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

2.1 ประสบการณ์วิ่ง ☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ มากกว่า 1 ปี

โปรดระบุ.....ปี

2.2 ความถี่การฝึกซ้อมต่อสัปดาห์ .....วัน

2.3 ระยะทางรวมเฉลี่ยต่อการฝึกซ้อม 1 สัปดาห์.....กิโลเมตร

2.4 ระยะเวลาสูงสุดที่เคยฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง 4 วันต่อสัปดาห์ขึ้นไป

☐ ไม่เคย ☐ 12 - 24 สัปดาห์

☐ 1 – 12 สัปดาห์ ☐ มากกว่า 24 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 อุบัติเหตุจากการฝึกซ้อม ☐ ไม่เคย ☐ เคย โปรดระบุ.....

2.6 จำนวนการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งมาราธอน

☐ 1 รายการ ☐ 3 รายการ

☐ 2 รายการ ☐ มากกว่า 3 รายการ

2.7 เวลาที่ดีที่สุดที่ใช้เข้าเส้นชัยในการแข่งขันวิ่งมาราธอน โปรดระบุ .....

ภาคผนวก ง

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15 – 69 ปี

(Physical activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)

การตอบคำถามในแบบประเมินจะช่วยบอกว่าท่านสมควรเข้ารับการตรวจร่างกายจากแพทย์ก่อนที่ท่านจะเริ่มต้นการฝึกออกำลังกายระดับหนักหรือไม่

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่ ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

ใช่	ไม่ใช่	
☐	☐	1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่าน เคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจ และควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนาของแพทย์เท่านั้น
☐	☐	2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	3. ในช่วงเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก ในขณะที่อยู่เฉย ๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	4. ท่านเคยเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องมาจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่? หรือท่านเคยหมดสติหรือไม่ ?
☐	☐	5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อ ที่อาการอาจกำเริบเนื่องจากการออกกำลังกายหรือไม่ ?
☐	☐	6. ท่านเคยได้รับการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูง หรือความผิดปกติของหัวใจหรือไม่ ?
☐	☐	7. ท่านทราบถึงเหตุผลอื่น ที่ท่านไม่ควรเพิ่มการฝึกออกกำลังกายของท่าน หรือไม่ ?

ที่มา : ACSM, 2014.

ถ้าท่านเลือก “ใช่” ในข้อใดข้อหนึ่ง หรือมากกว่า

ท่านควรปรึกษาแพทย์เกี่ยวกับแบบสอบถามในข้อที่ตอบว่า “ใช่”

ท่านยังคงสามารถออกกำลังกายได้ตามที่ท่านต้องการโดยให้เริ่มออกกำลังกายได้อย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ หรือท่านอาจจะกำหนดการฝึกออกกำลังกายที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับตนเอง โดยขอคำแนะนำจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชนิดของกิจกรรมที่ท่านสามารถทำได้

ถ้าท่านเลือก “ไม่ใช่” ในการตอบคาถามทั้งหมด

ท่านแน่ใจได้เลยว่า ท่านสามารถเริ่มการฝึกออกกำลังกายได้ตามที่ท่านต้องการ

- ท่านเริ่มออกกำลังกายได้โดยเริ่มจากการทำช้า ๆ และทำอย่างสม่ำเสมอซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัยและง่ายที่สุด
- ถ้าท่านรู้สึกไม่สบายเนื่องจากการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่น เป็นไข้หวัด ท่านควรจะพักจนกว่าท่านจะรู้สึกดีขึ้นและหายจากอาการเจ็บป่วยนั้น ๆ ก่อน ที่จะกลับมาฝึกออกกำลังกายอีกครั้ง

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบประเมินความพร้อมก่อนการฝึกออกกำลังกายทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมวิจัย

วันที่...../...../..... (.....)

ลงชื่อ.....ผู้ทำการวิจัย

วันที่...../...../..... (.....)

ภาคผนวก จ

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ

วัน/เดือน/ปี เกิด..... อายุ.....ปี ผู้บันทึก.....

ข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป (ก่อนการทดสอบ – นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที)

ตัวแปร	ผลการทดสอบ	หมายเหตุ
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)		
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)		
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)		

Check list งดอาหารก่อนการทดสอบ 2 ชั่วโมง

Section 1 ☐ **Body Composition ทานอาหารว่าง,เจลหลัง DEXA**

☐ **Stiffness** ☐ **Muscle thickness** ☐ **Carotid IMT**

Section 2 ☐ **Str – Isokinetic** ☐ **Squat 1-RM (last day) พัก 30 นาที**

Section 3 ☐ **VO2 max**

พักทานอาหาร 1 ชั่วโมง

Section 4 ☐ **Running Economy** **พัก 15 นาที**

Section 5 ☐ **Truck Flexibility test**

Section 6 ☐ **Endurance – Isokinetic** **พัก 10 นาที**

Section 7 ☐ **Core body endurance test** **พัก 5 นาที**

Section 8 ☐ **Leg Endurance test**

ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาอังกฤษ).....

ตารางบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพทางแอโรบิก (Incremental treadmill test)

HRmax: .....

Resting HR: .....

Resting BP: .....

เวลาช่วงอบอุ่นร่างกาย (นาที)	0	3	5
HR			
RPE			
Speed			

เวลา(นาที)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
HR													
RPE													
(ไมล์/ชม.)	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9	9.9	10.7	11.6	12.5	13.4	143	152
(นาที/กม.)	8.3	7	5.3	5.15	4.45	4.15	3.45						

แบบบันทึกผลการทดสอบค่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานขณะวิ่ง

ตัวแปร	**Baseline 3 min.**	**Warm up 5 min.**	**Prepare 5 min.**	**Exercise (0 – 5 min.)**	**Exercise (6 – 10 min.)**
1. Heart rate					
2. RPE					
3. Speed (mph)	0	5	0	7.5	7.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

การทดสอบ	**ผลการทดสอบครั้งที่ 1 (วินาที)**	**ผลการทดสอบครั้งที่ 2 (วินาที)**	**หมายเหตุ**
1. Sorensen test			
2. Trunk flexor endurance test			
3.1 Side bridge test ข้างซ้าย			
3.2 Side bridge test ข้างขวา			
4. Sit and reach			

*พักระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 1 นาทีหรือจนกว่าจะหายเหนื่อย

แบบบันทึกผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ตัวแปร	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	หมายเหตุ
1. น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ (Kg)				
2. จำนวนครั้งที่มากที่สุด				

*พักระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 5 นาทีหรือจนกว่าจะหายเหนื่อย *เก้าอี้สูง 43.18 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบบันทึกผลการทดสอบความทนทานของกล้ามเนื้อขา

ตัวแปร	ผลการทดสอบครั้งที่ 1		ผลการทดสอบครั้งที่ 2		หมายเหตุ
1. จำนวนครั้งที่มากที่สุด	1 นาที		1 นาที	2 นาที	พัก 2 นาที

แบบบันทึกค่าความดันของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น ด้วยเครื่อง Ultrasound

รัศมีของเส้นหลอดแดงหลังเข่า = ... mm. ค่า TAMV ขณะพัก

ภาคผนวก ฉ

แบบบันทึกการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือด

ระดับความหนักในการฝึกด้วยแรงต้าน ☐ **ต่ำ** ☐ **สูง .....**

ระดับแรงดันในการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ☐ **ไม่มี** ☐ **ต่ำ** ☐ **สูง .....**

ระยะเวลาในการพักระหว่างยก..... สัดส่วนระยะเวลาการออกแรง .....

Squat 1-RM: ..... kg. **Leg lunge 1-RM**: ..... kg. **Calf Raises 1-RM** ..... kg.

ครั้งที่..... : วันที่..... เวลา.....

ครั้งที่..... : วันที่.....เวลา.....

ท่าฝึก	ความหนัก (กิโลกรัม) / จำนวนครั้ง				บันทึก
	ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3	ยกที่ 4	
1. Squat					
2. Leg lunge					
3. Calf Raises					
4. Push up					
5. Dips					
6. Plank					
7. Sit up					

ท่าฝึก	ความหนัก (กิโลกรัม) / จำนวนครั้ง				บันทึก
	ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3	ยกที่ 4	
1. Squat					
2. Leg lunge					
3. Calf Raises					
4. Push up					
5. Dips					
6. Plank					
7. Sit up					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

เครื่องมือสำหรับการฝึก

อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar, Finland

สายจำกัดการไหลเวียนโลหิต ยี่ห้อ Hokason SC10, USA

เครื่องวัดความดันแบบพกพา (Sphygmomanometer)

ยี่ห้อเรียสเตอร์ รุ่น Precisa N ประเทศเยอรมนี (Riester, Germany)

ภาคผนวก ซ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบตัวแปร

เครื่องมือวัดความสูง ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายยี่ห้อ จาวอน รุ่น , IOI 353

เครื่องวัดความดัน (Digital blood pressure) ยี่ห้อจีอี (GE) รุ่น Carescape V100 Dinamap

เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Dual-energy X-ray absorptiometry)
ยี่ห้อ Mid-marryland, USA

ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อ H/p/cosmos, germany

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อ Vmax, USA

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar รุ่น H7

เครื่องวัดแรง Isokinetic dynamometer ยี่ห้อ Biodex, USA

เครื่องบันทึกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonography)
ยี่ห้อ Philips, Nederland

เครื่องฝึกกล้ามเนื้อแบบกระบอกลม ยี่ห้อไกเซอร์ รุ่นแอร์ 300 เบลท สควอท
ประเทศสหรัฐอเมริกา (Keiser, Air300 belt squat, USA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ
แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

ชื่อเรื่องภาษาไทย ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MARATHON PERFORMANCE IN MIDDLE AGED RUNNERS

ชื่อผู้วิจัย นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล

แขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
อาจารย์ ดร.นภัสกร ชื่นศิริ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

รายการเอกสารที่ขอเรียนนำมาส่งเพื่อประเมินหาคุณภาพของเครื่องมือ ประกอบด้วย

1. โครงร่างวิทยานิพนธ์ฉบับย่อเรื่อง “ผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน”
2. แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สาขา วิทยาศาสตร์การกีฬา
แขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สามารถติดต่อได้ทาง
โทร. 081-6182315

การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก โดยวิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

(Item-Objective Congruence Index; IOC)

คำชี้แจง

เกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของเนื้อหา โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง +1

เมื่อท่านเห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง 0

เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง -1

เมื่อท่านไม่เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

หากท่านมีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาเนื้อหาแต่ละข้อ โปรดแสดงความคิดเห็นลงในช่องเสนอแนะเพิ่มเติม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญกรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับกับการจำกัดการไหลของเลือด จากโครงการวิจัยเรื่องผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
โปรแกรมยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเอง				
1. อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะ (Jogging) เป็นระยะเวลา 15 นาที	4			1
2. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนฝึกด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ระยะเวลา 30 วินาทีต่อท่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อดังต่อไปนี้	4			1
2.1 Quadriceps ด้วยท่า Butt Kicks, Walking quad stretch,	4			1
2.2 Hamstrings ด้วยท่า Hamstring sweep, High kicks, Walking hamstring stretch	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
2.3 Inner thigh ด้วยท่า Rear leg swings	4			1
2.4 Glutes ด้วยท่า High knee pull, Walking lunge	4			1
2.5 Hip Flexors ด้วยท่า Downward dog to lunge, Inchworm, Walking lunge	4			1
2.6 Calves ด้วยท่า Standing calf and hamstrings stretch	4			1
3. แบบฝึกเพื่ออบอุ่นร่างกายสำหรับนักวิ่ง โดยทำแบบฝึกเป็นระยะทางท่าละ 20 เมตร 5 รอบ	4			1
3.1 Skip	4			1
3.2 High skip	3	1		0.75
3.3 Long skip	3	1		0.75
3.4 Low amplitude butt Kicks	4			1
3.5 Carioca	4			1
3.6 Forward run	4			1
3.7 Backward run	4			1
3.8 Shuffle	4			1
โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองด้วยการวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว (Interval running) (สัปดาห์ที่ 1-4)				
1. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายหนัก; ร้อยละ 95 -100 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
2. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายเบา; ร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที	4			1
3. ฝึกจำนวน 25 รอบ	3	1		0.75
4. ความถี่ 1 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองด้วยการวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว (Interval running) (สัปดาห์ที่ 5-8)				
1. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายหนัก; ร้อยละ 100 -105 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที	4			1
2. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายเบา; ร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที	4			1
3. ฝึกจำนวน 20 รอบ	2	2		0.5
4. ความถี่ 1 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองด้วยการวิ่งแบบสลับช่วงความเร็ว (Interval running) (สัปดาห์ที่ 9-12)				
1. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายหนัก; ร้อยละ 105 -115 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที	3	1		0.75
2. ระดับความหนักช่วงออกกำลังกายเบา; ร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกาย	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
สามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที				
3. ฝึกจำนวน 20 รอบ	2	2		0.5
4. ความถี่ 1 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองด้วยการวิ่งแบบรักษาความเร็ว (Tempo running)				
1. ฝึกด้วยการวิ่งแบบรักษาความเร็วคงที่	4			1
2. ระดับความหนักของการฝึกคิดเป็นร้อยละ 90 – 95 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)	2	1	1	0.25
3. วิ่งเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 20 นาที ในสัปดาห์ที่ 1 - 4	3		1	0.5
4. วิ่งเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 25 นาที ในสัปดาห์ที่ 5 - 8	3		1	0.5
5. วิ่งเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 30 นาที ในสัปดาห์ที่ 9 - 12	3		1	0.5
6. ความถี่ 1 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเองด้วยการวิ่งแบบอย่างง่ายระยะไกล (Long running)				
1. ฝึกวิ่งด้วยระดับความหนักร้อยละ 80 – 85 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)	2	1	1	0.25
2. ระยะทางเริ่มต้นในสัปดาห์แรกคือ 13.8 กิโลเมตร	3		1	0.5
3. สัปดาห์ที่ 2 - 8 ทำการเพิ่มระยะทางในการฝึกร้อยละ 10 จากระยะทางของสัปดาห์ก่อนหน้า	3		1	0.5
4. สัปดาห์ที่ 9 – 12 วิ่งต่อเนื่องระยะทาง 32	2	1	1	0.25

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
กิโลเมตร				
5. ความถี่ 1 วันต่อสัปดาห์	3	1		0.75
โปรแกรมยืดเหยียดกล้ามเนื้อและลดอุณหภูมิร่างกายหลังการฝึกวิ่งมาราธอนด้วยตนเอง				
1. วิ่งอย่างง่าย (Easy run) ที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)	4			1
2. ระยะเวลา 15 นาที	4			1
3. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังจากการฝึกด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อรูปแบบ (Static stretching) ระยะเวลา 30 วินาทีต่อท่าในกลุ่มกล้ามเนื้อดังต่อไปนี้	4			1
1.1 Quadriceps: Standing quadriceps stretch, Kneeling lunge	4			1
1.2 Hamstrings: Seated hamstrings stretch, Downward dog	4			1
1.3 Inner thigh: Seated butterfly stretch	4			1
1.4 Calves: Lunging calf stretch, Standing bent-over calf stretch	4			1
1.5 Hip Flexors: Cobra press-up	3	1		0.75
1.6 Glutes: Seated glutes stretch, Seated pigeon	4			1
โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านแบบใช้น้ำหนักตัว				
1. ระดับความหนัก: น้ำหนักตัว	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
2. จำนวนครั้งในการฝึก: 15 ครั้งต่อเซต	3		1	0.5
3. จำนวนยกในการฝึก: 4 เซต	4			1
4. ระยะเวลาพักระหว่างยก: 60 วินาที	4			1
5. ท่าฝึก Leg lunge: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5
6. ท่าฝึก Squat: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5
7. ท่าฝึก Calf raise: Flexor digitorum longus, Flexor hallucis longus, Peroneus	3	1		0.75
8. ท่าฝึก Push up: Pectorals, Deltoids, Triceps, Serratus anterior	4			1
9. ท่าฝึก Dips: Pectoralis Major, Anterior deltoid, Triceps brachii	4			1
10. ท่าฝึก Plank: Erector spinae, Rectus abdominis, Transverse abdominis.	4			1
11. ท่าฝึก Sit up: Rectus abdominis, Internal obliques, External obliques, Iliopsoas, Rectus femoris	4			1
12. จำนวนการฝึก: 2 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันสูง				
1. ระดับความหนัก: ระดับความหนักต่ำ (ร้อยละ 20 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง; 1-RM)	3	1		0.75
2. แรงดันในการจำกัดการไหลของเลือด: สูง	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
(ร้อยละ 80 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์; Arterial occlusion pressure) โดยฝึกร่วมกับท่าฝึกดังต่อไปนี้				
2.1 Leg lunge	3		1	0.5
2.2 Squat	3		1	0.5
2.3 Calf raise	3	1		0.75
3. บริเวณที่ทำการบีบรัด: รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุด (Proximally) ของต้นขาโดยต่ำกว่าบริเวณโคนขา (Inguinal fold) เล็กน้อยประมาณ 10 เซนติเมตร	3	1		0.75
4. จำนวนยกในการฝึก: 4 ยก	4			1
5. ระยะเวลาพักระหว่างยก: 60 วินาที	4			1
6. ท่าฝึก Leg lunge: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5
7. ท่าฝึก Squat: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5
8. ท่าฝึก Calf raise: Flexor digitorum longus, Flexor hallucis longus, Peroneus	3	1		0.75
9. ท่าฝึก Push up: Pectorals, Deltoids, Triceps, Serratus anterior	4			1
10. ท่าฝึก Dips: Pectoralis Major, Anterior deltoid, Triceps brachii	4			1
11. ท่าฝึก Plank: Erector spinae, Rectus abdominis, Transverse abdominis.	4			1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
12. ท่าฝึก Sit up: Rectus abdominis, Internal obliques, External obliques, Iliopsoas, Rectus femoris	4			1
13. จำนวนการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์	4			1
โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักสูงร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดที่ระดับแรงดันต่ำ				
1. ระดับความหนัก: ระดับความหนักสูง (ร้อยละ 70 ของค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง; 1-RM)	4			1
2. แรงดันในการจำกัดการไหลของเลือด: ต่ำ (ร้อยละ 40 ของค่าความดันเฉพาะที่สามารถกั้นการไหลของเลือดแดงได้อย่างสมบูรณ์; Arterial occlusion pressure) โดยฝึกร่วมกับท่าฝึกดังต่อไปนี้	4			1
2.1 Leg lunge	3		1	0.5
2.2 Squat	3		1	0.5
2.3 Calf raise	3	1		0.75
3. บริเวณที่ทำการบีบรัด: รัดบริเวณส่วนที่ใกล้ร่างกายมากที่สุด (Proximally) ของต้นขาโดยต่ำกว่าบริเวณโคนขา (Inguinal fold) เล็กน้อยประมาณ 10 เซนติเมตร	3	1		0.75
4. จำนวนยกในการฝึก: 4 ยก	4			1
5. ระยะเวลาพักระหว่างยก: 60 วินาที	4			1
6. ท่าฝึก Leg lunge: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
7. ท่าฝึก Squat: Quadriceps, Hamstrings, Gluteus	3		1	0.5
8. ท่าฝึก Calf raise: Flexor digitorum longus, Flexor hallucis longus, Peroneus	2	2		0.5
9. ท่าฝึก Push up: Pectorals, Deltoids, Triceps, Serratus anterior	4			1
10. ท่าฝึก Dips: Pectoralis Major, Anterior deltoid, Triceps brachii	4			1
11. ท่าฝึก Plank: Erector spinae, Rectus abdominis, Transverse abdominis.	4			1
12. ท่าฝึก Sit up: Rectus abdominis, Internal obliques, External obliques, Iliopsoas, Rectus femoris	4			1
13. จำนวนการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์	4			1
รวม				0.83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ระบุท่าออกกำลังกายว่าท่าใดเป็นท่าหลักและท่าใดเป็นท่ารอง
2. โปรแกรมฝึกได้ออกแบบมาอย่างละเอียดและมีข้อปลีกย่อยมาก
3. ไม่มีจำนวนครั้งของการฝึกด้วยแรงต้าน เช่น
    3.1 ใช้น้ำหนักตัว จำนวนครั้งที่เหมาะสมคือ 30 ครั้งต่อชุด
    3.2 ใช้แรงต้านต่ำ 35% 1-RM จำนวนครั้งที่เหมาะสมคือ 30 ครั้งต่อชุด
    3.3 ใช้แรงต้านสูง 70% 1-RM จำนวนครั้งที่เหมาะสมคือ 15 ครั้งต่อชุด

ภาคผนวก ญ
การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินและทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยวิธีการทดสอบหาคาเฉลี่ยแรงสูงสุดในท่าเหยียด-งอเข่า (Peak torque) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดสอบท่าเหยียด-งอเข่า (Knee extension-flexion) ด้วยอุปกรณ์ Isokinetic dynamometer (Biodex, USA) และการทดสอบหาค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง (One-repetition maximum; 1-RM) โดยให้ผู้ร่วมวิจัยออกแรงในท่าย่อยืน (Squat) ด้วยน้ำหนักที่หนักที่สุดที่สามารถทำได้จำนวน 1 ครั้ง ด้วยเครื่องฝึกกล้ามเนื้อแบบกระบอกลม ยี่ห้อไกเซอร์ รุ่นแอร์ 300 เบลท สควอท ประเทศสหรัฐอเมริกา (Keiser, Air300 belt squat, USA)

1. การทดสอบหาคาเฉลี่ยความเร่งสูงสุดในท่าเหยียด-งอเข่า (Peak torque) ทำได้โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหยียดเข่าจนสุดองศาการเคลื่อยไหว หลังจากนั้นจึงกดขาลงที่ความเร็วเชิงมุมคงที่ 60 องศาต่อวินาที ผู้วิจัยอธิบายและสาธิตการเคลื่อนไหวของขาก่อนการทดสอบ และให้ซ้อมเสมือนจริงก่อนการทดสอบ และเมื่อมีการวัดจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแต่ละท่าด้วยความสามารถสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยแต่ละท่าให้ทำท่าละ 3 รอบ และผู้วิจัยจะบันทึกค่าเฉลี่ยความเร่งสูงสุด (Peak torque) ของท่าการเหยียด-งอที่ได้ (วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, 2562)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : Isokinetic dynamometer (Biodex, USA)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมอยู่ในท่านั่ง หลังตรงสะโพกงอ 90 องศา เข่างอ 90 องศาป้องกันการเคลื่อนไหวของลำตัว สะโพกและต้นขาไว้ด้วยสายรัด ขาข้างที่จะทดสอบยึดติดกับแถบต้านแรง (Resistance pad) ของเครื่องตรงตำแหน่งเหนือจากตาตุ่มด้านนอก (Lateral malleolus) ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ส่วนขาอีกข้างหนึ่งจะถูกจำกัดการเคลื่อนไหวไว้

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ขาที่ถนัด ออกแรงเหยียดและงอเข่าให้มากที่สุดต่อเนื่อง 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยใช้คำพูดกระตุ้นผู้ถูกทดสอบ (Verbal command) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงมากที่สุด ทดสอบการเหยียดเข่าด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งในท่าเริ่มต้นคือ ขาปล่อยอิสระ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงเหยียดเข่าจนเข่าเหยียดตรง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดสอบการเหยียดเข่าด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่ละลักษณะของเข่าจะเริ่มต้นจากเข่าเหยียดมาเป็นเข่างอ 90 องศาในช่วงสุดท้ายของการทดสอบ ก่อนการทดสอบจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองทำเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือและโปรแกรม โดยทดลองทำ 3 ครั้ง แล้วพัก 30 วินาที หลังจากนั้นทดสอบจริง 3 ครั้ง โดยระหว่างการทดสอบจริงแต่ละครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 1 นาที (ศิริขวัญ เฮงธารากูล, 2554)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การทดสอบหาค่าความสามารถสูงสุดในการออกแรงท่าสควอท (One-repetition maximum of squat; 1-RM squat)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : เครื่องฝึกกล้ามเนื้อแบบกระบอกลม ยี่ห้อไกเซอร์ รุ่นแอร์ 300 เบลท สควอท ประเทศสหรัฐอเมริกา (Keiser, Air300 belt squat, USA)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขา
2. ทดสอบหาน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้1 ครั้ง ในท่าย่อยืน (Squat) มีวิธีการดังนี้

2.1 ทำการเลือกน้ำหนักที่ใช้ยกในท่าย่อยืน (Squat) ที่น้ำหนักใดก็ได้

2.2 ทำการยกน้ำหนักในท่าย่อยืน (Squat) ที่เลือกมาให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด (ปฏิบัติเต็มความสามารถจนยกน้ำหนักไม่ไหว)

2.3 นำน้ำหนักที่ยกได้ ในท่าย่อยืน (Squat) มาทำการหาค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง โดยวิธีการทำนายของเบชี (Baechle, 2008) จากสูตรการคำนวณดังนี้

1 Repetition maximum = Weight × [1 + (0. 033 × Number of repetitions)]

3. นำน้ำหนักที่หาได้จากวิธีการทำนายมาหาค่านำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง ของเบชี (Baechle, 2008) มาทำการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนครั้งที่ยก (Repetitions) กับเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (% of 1 Repetition maximum) จากตาราง เพื่อนำมาใช้ในการสร้างโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างจำนวนครั้งที่ยกกับร้อยละของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง

1 RM—Repetition Table	
Repetitions	**% 1 RM**
1	100
2	95
3	93
4	90
5	87
6	85
7	83
8	80
9	77
10	75
11	70
12	67
15	65

ที่มา : (Baechle, 2008)

3.1 เมื่อทำการเปรียบเทียบจากตาราง พบว่า การฝึกด้วยแรงต้าน ในท่าย่อยืน (Squat) ที่น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 10 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง เท่ากับร้อยละ 75 ของค่าความแข็งแรงสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง

3.2 นำมาเข้าสู่สูตรในการคำนวณหาค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 10 ครั้ง ดังนี้

ความแข็งแรงสูงสุดในการออกแรง 10 ครั้ง = ความแข็งแรงสูงสุดในการออกแรง 1 ครั้ง x ร้อยละของค่าความหนักหาร 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ
การทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อขา

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินและทดสอบความทนทานของกล้ามเนื้อขาด้วยวิธีการทดสอบหาค่าความล้าของกล้ามเนื้อขาท่าเหยียด - งอเข่า (Work fatigue) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดสอบท่าเหยียด-งอเข่า (Knee extension-flexion) ด้วยอุปกรณ์ Isokinetic dynamometer (Biodex, USA) และการทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ในเป็นระยะเวลา 60 วินาที ซึ่งผู้ร่วมวิจัยจะต้องปฏิบัติให้เต็มความสามารถ ในระหว่างการทดสอบให้การย่อตัว นั่งลงนั้นปฏิบัติเพียงให้สะโพกสัมผัสเก้าอี้ไม่ลงน้ำหนักเต็มที่แล้วรีบเหยียดเข่ายืนขึ้น โดยบันทึกจำนวนครั้งที่ผู้เข้ารับการทดสอบลุกขึ้นยืนตรงและนั่งลงอย่างถูกต้อง ในเวลา 60 วินาทีและให้ผู้รับการทดสอบปฏิบัติเพียงครั้งเดียว ซึ่งในการทดสอบจะไม่นับจำนวนครั้งในกรณีต่อไปนี้

1. การทดสอบหาค่าความล้าของกล้ามเนื้อขาท่าเหยียด - งอเข่า (Work fatigue)

ทำได้โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหยียดเข่าจนสุดองศาการเคลื่อนไหว หลังจากนั้นจึงกดขาลงที่ความเร็วเชิงมุมคงที่ 180 องศาต่อวินาที ผู้วิจัยอธิบายและสาธิตการเคลื่อนไหวของขาก่อนการทดสอบ และให้ซ้อมเสมือนจริงก่อนการทดสอบ และเมื่อมีการวัดจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแต่ละท่าด้วยความสามารถสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยแต่ละท่าให้ทำท่าละ 30 รอบ และผู้วิจัยจะบันทึกค่างาน (work) ของท่าการเหยียด-งอที่ได้ (วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, 2562)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : Isokinetic dynamometer (Biodex, USA)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมอยู่ในท่านั่ง หลังตรงสะโพกงอ 90 องศา เข่างอ 90 องศาป้องกันการเคลื่อนไหวของลำตัว สะโพกและต้นขาไว้ด้วยสายรัด ขาข้างที่จะทดสอบยึดติดกับแถบต้านแรง (Resistance pad) ของเครื่องตรงตำแหน่งเหนือจากตาตุ่มด้านนอก (Lateral malleolus) ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ส่วนขาอีกข้างหนึ่งจะถูกจำกัดการเคลื่อนไหวไว้

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ขาที่ถนัด ออกแรงเหยียดและงอเข่าให้มากที่สุดต่อเนื่อง 30 ครั้ง โดยผู้วิจัยใช้คำพูดกระตุ้นผู้ถูกทดสอบ (Verbal command) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงมากที่สุดทดสอบการเหยียด – งอเข่า โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งในท่าเริ่มต้นคือ ขาปล่อยอิสระจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงเหยียดเข่าจนเข่าเหยียดตรง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการการงอเข่า แต่ละลักษณะของเข่าจะเริ่มต้นจากเข่าเหยียดมาเป็นเข่างอ 90 องศาในช่วงสุดท้ายของการทดสอบก่อนการทดสอบจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองทำเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือและโปรแกรม โดย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทดลองทำ 10 ครั้ง แล้วพัก 30 วินาที หลังจากนั้นทดสอบจริง 30 ครั้ง โดยระหว่างการทดสอบจริงแต่ละครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 5 นาที (ศิริขวัญ เฮงธารากูล, 2554)

2. การทดสอบลุกนั่งกับเก้าอี้ในเป็นระยะเวลา 60 วินาที

1. ในขณะยืน ขาและลำตัวไม่เหยียดตรง

2. ในขณะนั่ง สะโพกไม่สัมผัสเก้าอี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เก้าอี้ที่มีพนักพิง สูง 17 นิ้ว (43.18 เซนติเมตร)

2. นาฬิกาจับเวลา 1/100 วินาที

ขั้นตอนการทดสอบ

1. จัดเก้าอี้สำหรับการทดสอบยืน-นั่ง ให้ติดผนังที่เรียบและมีความทนทานเพื่อป้องกันการเลื่อนไหลของเก้าอี้

2. ให้ผู้รับการทดสอบนั่งบริเวณตรงกลางของเก้าอี้ (ไม่ชิดพนักพิงเพื่อให้สะดวกต่อการ ลุกขึ้นยืน) เท้าทั้งสองข้างวางราบกับพื้นให้ปลายเท้าชี้ตรงไปข้างหน้าตั้งฉากกับแนวลำตัว และให้ห่างกันประมาณช่วงไหล่ของผู้รับการทดสอบ โดยให้เข่าทั้งสองข้างวางห่างกันเล็กน้อย หลังตรง แขนทั้งสองข้างไขว้ประสานบริเวณอก และให้มือแตะไหลไว้

3. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้รับการทดสอบลุกขึ้นจากเก้าอี้ยืนตรง ขาเหยียดตึง แล้วกลับลงนั่งในท่าเริ่มต้น นับเป็น 1 ครั้ง ปฏิบัติต่อเนื่องกันจนครบ 60 วินาทีโดยปฏิบัติ ให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด

4. วิเคราะห์ผลจากจำนวนครั้งที่ผู้ร่วมวิจัยทำการทดสอบได้มากที่สุดเทียบกับอายุเพื่อประเมินความทนทานของกล้ามเนื้อขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฏ
การทดสอบความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ

ผู้ร่วมวิจัยได้รับการทดสอบความอ่อนตัวด้วยการทดสอบนั่งงอสะโพก (Sit and Reach)ไปข้างหน้าเพื่อทดสอบความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อหลังและต้นขาด้านหลัง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. กล่องวัดความอ่อนตัว ที่สามารถอ่านค่าบวก (+) และค่าลบ (-)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ตั้งกล่องวัดความอ่อนตัว ไว้บนพื้นราบ
2. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งเหยียดเท้าตรง เข่าตึง ให้ปลายเท้ายันกล่องวัดความอ่อนตัว
3. ให้ผู้ถูกทดสอบนำมือสองข้างประสานไปข้างหน้า และโน้มตัวไปข้างหน้าเหยียดมือจนสุด และวัดระยะซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฐ
การทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินและทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวด้วยวิธีการดังต่อไปนี้ (Hazar Kanik et al., 2017)

การทดสอบซอเรนเซน (Sorensen test) หรือ การทดสอบด้วยการเกร็งหลังค้าง (Trunk extensor test; TET) เป็นการทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อหลัง (Erector spinae, multifidis) (Brumitt, 2010).

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : เตียง พนักพิงหลังและสายรัดขา

ขั้นตอนการทดสอบ (Brumitt, 2010; Nesser et al., 2008)

1. อธิบายวิธีและจุดประสงค์ของการทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. เริ่มต้นการทดสอบด้วยท่าเตรียมพร้อมมือกอดอก โดยที่ร่างกายส่วนขาถูกรัดกับเตียงอย่างแน่นหนา
3. สะโพกของผู้ร่วมวิจัยอยู่ที่ขอบเตียง และร่างกายส่วนบนของผู้ร่วมวิจัยงอทำมุม 90 องศากับเตียงในลักษณะศีรษะลงพื้น
4. เริ่มการทดสอบโดยให้ผู้ร่วมวิจัยเกร็งลำตัวขึ้นมาทำมุมขนานกับพื้น
5. บันทึกเวลาที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถเกร็งลำตัวได้ระยะเวลานานที่สุด
6. ยุติการบันทึกผลเมื่อผู้ร่วมวิจัยมีร่างกายส่วนบนไม่อยู่ในลักษณะแนวนอนขนานกับพื้น (Horizontal position)

การทดสอบด้วยการพับข้อสะโพกค้าง (Trunk flexor endurance test) เป็นการทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวด้านหน้า (Rectus abdominis) (Brumitt, 2010)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : เตียง พนักพิงหลังและสายรัดขา

ขั้นตอนการทดสอบ (Brumitt, 2010; Nesser et al., 2008)

1. อธิบายวิธีและจุดประสงค์ของการทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ให้ผู้ร่วมวิจัยเริ่มต้นการทดสอบด้วยการนั่งเตรียมพร้อมลักษณะชันเข่าบนเตียงพิงพนักพิงหลังโดยเข่าสะโพกทำมุม 90 องศาต่อกันและพนักพิงหลังทำมุม 60 องศากับเตียงร่วมกับการรัดข้อเท้าด้วยสายรัด
3. อธิบายขั้นตอนการทดสอบแก่ผู้ร่วมวิจัย โดยให้ผู้ร่วมวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวให้นิ่งในลักษณะเดียวกับท่าเตรียมพร้อมเป็นระยะเวลานานที่สุด
4. ดึงพนักพิงหลังออก 10 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. บันทึกเวลาที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถทรงท่าเริ่มต้นหลังจากดึงพนักพิงหลังออก

6. ยุติการบันทึกเวลาเมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของหลังของผู้ร่วมวิจัยสัมผัสกับพนักพิงหลัง

การทดสอบไซต์บริดจ์ (Side bridge test) เป็นการทดสอบความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวด้านข้าง (Obliques, transverse abdominals, quadratus lumborum) (Brumitt, 2010)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : เตียง

ขั้นตอนการทดสอบ (Brumitt, 2010; Nesser et al., 2008)

1. อธิบายวิธีและจุดประสงค์ของการทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย

2. ให้ผู้ร่วมวิจัยตั้งท่าเตรียมพร้อมในลักษณะนอนตะแคงข้างคอตั้งตรง ขาเหยียดตรง แขนข้างหนึ่งวางข้อศอกงอ 90 องศากับพื้น อีกข้างหนึ่งจับเอว

3. เริ่มการทดสอบโดยให้ผู้ร่วมการวิจัยเหยียดลำตัวตรง ลอยสูงจากพื้น

4. บันทึกเวลาที่ผู้ร่วมวิจัยสามารถยกลำตัวลอยสูงจากพื้นได้นานที่สุด

5. ยุติการบักทึกเวลาเมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของลำตัว ของผู้ร่วมวิจัยสัมผัสกับพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฑ

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินและทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดแบบเป็นขั้น (Graded incremental test) ด้วยการวิ่งบนลู่กลและใส่เครื่องวัดอัตราการหายใจ (Gas analyzer) ผู้ร่วมวิจัยเรียนรู้มาตรวัดการรับรู้ความเหนื่อย (Borg's RPE scale) ก่อนการทดสอบ

การทดสอบกระทำโดยการวิ่งบนลู่กลเริ่มต้นที่ความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที และจะเพิ่มความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาทีทุก 5 นาที โดยมีความชันขณะทดสอบที่ 1% เพิ่มจำลองการวิ่งให้ใกล้เคียงกับการวิ่งนอกสถานที่ (Alexander ferrauti et al., 2010) ปฏิบัติเต็มความสามารถจนกว่าไม่ไหว (Exhaustion) หรือแสดงอาการถึงจุดอ่อนล้าหรืออาการอื่น ๆ ที่แสดงว่าถึงขีดสุดของความสามารถในการออกกำลังกายแล้ว เช่น หอบเหนื่อยมาก หายใจแรงมาก เป็นต้น ผู้วิจัยบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินความเหนื่อยเมื่อออกกำลังกายทุกขั้นการออกกำลังกาย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อเอชพีคอสมอส ประเทศเยอรมนี (H/p/cosmos, Germany)

2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ รุ่นเอฟที 7 ประเทศฟินแลนด์ (Polar® FT7, Kempele, Finland)

3. เครื่องมือวัดการรับรู้ความเหนื่อย (Borg's RPE scale)

4. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี ประเทศเยอรมนี (Cortex: Metamax 3B, Breath by breath, Germany)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้ร่วมวิจัยใส่เครื่องวัดอัตราการหายใจโดยนั่งพักเป็นเวลา 3 นาที พร้อมเริ่มบันทึกค่าด้วยเครื่องวัดอัตราการหายใจ

2. อบอุ่นร่างกาย 3 นาที ด้วยการเดิน

3. เริ่มต้นการทดสอบขั้นที่ 1 โดยการเริ่มต้นวิ่งที่ความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที โดยในระหว่างขั้นการทดสอบ ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินการรับรู้ความเหนื่อย ที่ 15 วินาทีก่อนเปลี่ยนขั้น หลังจากนั้นเมื่อวิ่งจนครบ 5 นาที ทำการเปลี่ยนขั้นความหนักการออกกำลังกาย

4. การทดสอบขั้นที่ 2 เพิ่มความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที โดยในระหว่างขั้นการทดสอบ ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินการรับรู้ความเหนื่อย ที่ 15 วินาทีก่อนเปลี่ยนขั้น หลังจากนั้นเมื่อวิ่งจนครบ 5 นาที ทำการเปลี่ยนขั้นความหนักการออกกำลังกาย

5. ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ และทำการหยุดการทดสอบเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติต่อไปไม่ไหว โดยจะบอกด้วยวาจาหรือแสดงด้วยอาการที่แสดงว่าถึงขีดสุดของความสามารถในการออกกำลังกายแล้ว เช่น หอบเหนื่อยมาก หายใจแรงมาก เป็นต้น อีกทั้ง แสดงจากความสามารถในการวิ่งลดลง

6. คลายอุ่น โดยการเดินบลลู่กลเป็นเวลา 5 นาที จึงเสร็จสิ้นการทดสอบ

วิเคราะห์ผลตามตัวแปร ดังนี้

1. เวลาในการทดสอบ (Test duration) มีหน่วยเป็นวินาที

2. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake; VO_2max) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที

3. อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate; HRmax) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 15 วินาที ที่มีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็น ครั้งต่อนาที

4. ระดับกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฒ

การทดสอบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง

ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการประเมินและทดสอบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่งด้วยการทดสอบวิ่งที่ระดับความหนักคงที่ (Constant load test) ด้วยการวิ่งบนลู่กลและใส่เครื่องวัดอัตราการหายใจ (Gas analyzer) ผู้ร่วมวิจัยเรียนรู้มาตรวัดการรับรู้ความเหนื่อย (Borg's RPE scale) ก่อนการทดสอบ

การทดสอบกระทำโดยการวิ่งบนลู่กลเริ่มต้นด้วยการอบอุ่นร่างกายที่ความเร็ว 5 ไมล์ต่อชั่วโมง และจะหยุดให้ผู้รับการทดสอบพักด้วยการยืนนิ่งเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงเริ่มการทดสอบจริงที่ความเร็ว 7.5 ไมล์ต่อชั่วโมง โดยมีความชันขณะทดสอบที่ 1% เพิ่มจำลองการวิ่งให้ใกล้เคียงกับการวิ่งนอกสถานที่ (Alexander ferrauti et al., 2010) ปฏิบัติเต็มความสามารถ หรือจนกว่าไม่ไหว (Exhaustion) หรือแสดงอาการถึงจุดอ่อนล้าหรืออาการอื่น ๆ ที่แสดงว่าถึงขีดสุดของความสามารถในการออกกำลังกายแล้ว เช่น หอบเหนื่อยมาก หายใจแรงมาก เป็นต้น ผู้วิจัยบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และประเมินความเหนื่อยเมื่อออกกำลังกายทุกขั้นตอนการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อเอชพีคอสมอส ประเทศเยอรมนี (H/p/cosmos, Germany)
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจและนาฬิกา (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ รุ่นเอฟที 7 ประเทศฟินแลนด์ (Polar® FT7, Kempele, Finland)
3. เครื่องมือวัดการรับรู้ความเหนื่อย (Borg's RPE scale)
4. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อคอร์เท็กซ์ รุ่นเมต้าแม็กซ์ ทรีบี ประเทศเยอรมนี (Cortex: Metamax 3B, Breath by breath, Germany)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้ร่วมวิจัยใส่เครื่องวัดอัตราการหายใจโดยนั่งพักเป็นเวลา 3 นาที พร้อมเริ่มบันทึกค่าด้วยเครื่องวัดอัตราการหายใจ
2. อบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่ง 5 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็นเวลา 5 นาที
3. หยุดพักด้วยการยืนนิ่งบนลู่กลเป็นเวลา 5 นาที
4. ดำเนินการทดสอบด้วยการวิ่ง 7.5 5 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็นเวลา 10 นาที
5. คลายอุ่น โดยการเดินบลู่กลเป็นเวลา 3 นาที จึงเสร็จสิ้นการทดสอบ

วิเคราะห์ผลตามตัวแปร ดังนี้

1. เวลาในการทดสอบ (Test duration) มีหน่วยเป็นวินาที
2. ค่าประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานขณะการวิ่ง (Running economy) จะประเมินค่าเฉลี่ยในช่วง 20 วินาที สุดท้ายของการทดสอบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวต่อนาที

ภาคผนวก ณ

การทดสอบค่าแรงดันที่ใช้ในการจำกัดการไหลของเลือด

ผู้วิจัยทำการวัดความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (Passive arterial occlusion pressure; AOP) ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยการใช้เครื่องอัลตราซาวน์ (Ultrasound machine) และหัวตรวจ (Doppler probe transducers) เพื่อศึกษาถึงลักษณะการไหลเวียนและความเร็วของการไหลของเลือดในหลอดเลือดแดง Popliteal โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยของเลือดที่ไหลในหลอดเลือด (Time average mean velocity; TAMV) และคำนวณปริมาณการไหลของเลือดจากสูตรดังต่อไปนี้ Blood flow volume = TAMV x π x $(r)^2$ x 60 (Hunt et al., 2016) หลังจากนั้น ทดสอบค่าความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงขณะถูกปิดกั้น (AOP) โดยใช้แถบสายรัด (Cuff) ที่เป็นอุปกรณ์ในการฝึกพันรอบบริเวณต้นขา และทำการวัดแรงดันที่ใช้ปิดกั้นการไหลเวียนโลหิต 30%AOP มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรปรอท บันทึกค่าความดันที่วัดได้ (Laurentino et al., 2012; Corvino et al., 2017)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : เตียง, เครื่องบันทึกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonography) ยี่ห้อ ฟิลลิปส์ ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Philips, Nederland)

ขั้นตอนการทดสอบ (ลัดดาวัลย์ เขียนสาร์ และคณะ, 2552)

1. อธิบายวิธีและจุดประสงค์ของการทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. จัดท่าโดยให้ผู้รับการทดสอบขึ้นนอนราบบนเตียง นอนแบะขาเพื่อให้ข้อสะโพกหมุนออกข้างนอก (External rotation) แล้วงอเข่า 30 – 45 องศา
3. นำผ้าหนุนใต้เข่าและข้อเท้า เพื่อให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าที่สบายและใช้ผ้าคลุมขาที่ไม่ได้รับการตรวจให้เรียบร้อย
4. เลือกหัวตรวจแบบตรง แอล 12-5 (Linear L 12-5) เป็นหัวตรวจสี่เหลี่ยมคลื่นเสียงแนวตรงที่มีความชัดเจนสูงเหมาะกับผู้ที่มีต้นขาใหญ่ไม่ใหญ่มาก แต่หากผู้รับการตรวจมีต้นขาใหญ่มากควรเปลี่ยนเป็นหัวตรวจแบบตรง แอล 9-3 (Linear L 9-3) เพื่อให้คลื่นเสียงทะลุทะลวงไปถึงเส้นเลือดที่ตรวจได้ดีมากยิ่งขึ้น
5. เลือกโปรแกรมทดสอบเป็น “Vascular artery” และเข้าสู่หน้าจอพร้อมทดสอบ
6. บีบเจลที่ใช้สำหรับการตรวจอัลตร้าซาวด์ ซึ่งเจลมีคุณสมบัติเป็นตัวกลางในการส่งผ่านคลื่น สัมผัสโดยตรงลงบนส่วนที่ต้องการตรวจและทำด้วยความเบามือ เพราะถ้ามีหลอดเลือดอุดตันอาจทำให้ลิ่มเลือดหลุดขึ้นไปในหลอดเลือดดำส่วนบนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. วางหัวตรวจแนวตามขวาง (Transverse) บริเวณต้นขาด้านหลัง เพื่อหาหลอดเลือดแดงบริเวณขาพับ (Popliteal artery) และบันทึกภาพ
8. วางหัวตรวจแนวดิ่ง (Sagittal) บนหลอดเลือดแดงบริเวณขาพับและบันทึกภาพ จากนั้นเลือกการแสดงภาพในโหมดซีเอฟ (CF mode) ของหลอดเลือดแดงบริเวณขาพับเพื่อแสดงการไหลเวียนของหลอดเลือดและบันทึกภาพ

วางหัวตรวจแนวดิ่ง (Sagittal) บนหลอดเลือดแดงบริเวณขาพับ เลือกการแสดงภาพในโหมดพีดับบิว (PW mode) เพื่อพิจารณากราฟแสดงภาวะปกติของการไหลของหลอดเลือดแดงบริเวณขาพับและบันทึกภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ด
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว

ให้ผู้ฝึกทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวระยะเวลาท่าละ 30 วินาที ดังนี้

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ด้วยท่าพับขาเตะก้น (Butt Kicks), ท่าก้าวย่อ (Walking quad stretch)
- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ด้วยท่าก้าวพร้อมกับพับตัวขณะยืน (Hamstring sweep), ท่าเตะขาสูง (High kicks)
- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Inner thigh) ด้วยท่าเตะขาด้านข้าง (Rear leg swings)
- กลุ่มกล้ามเนื้อก้น (Glutes) ด้วยท่าดึงขาสูง (High knee pull), ท่าก้าวย่อ (Walking lunge)
- กลุ่มกล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip Flexors) ด้วยท่าดาวน์เวิดด๊อก ทู ลันจ์ (Downward dog to lunge),ท่าไต่พื้น (Inchworm),ท่าก้าวย่อ (Walking lunge)
- กลุ่มกล้ามเนื้อน่อง (Calves) ด้วยท่ายืนพับตัว (Standing calf and hamstrings stretch)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

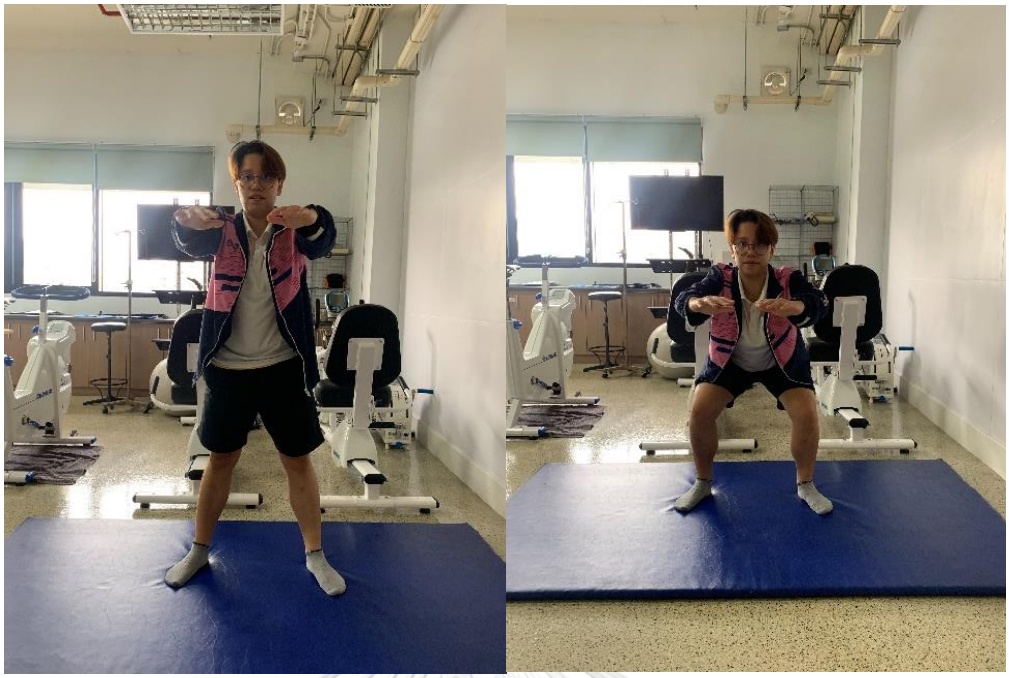
ภาคผนวก ต

ท่าฝึกด้วยแรงต้าน

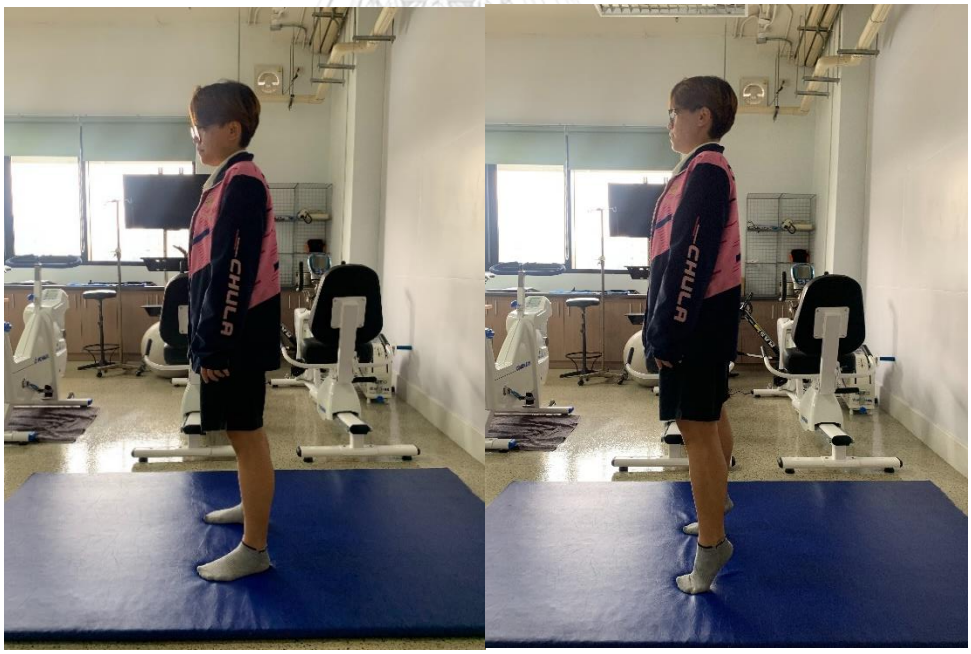
ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยแรงต้านโดยใช้ท่าฝึกด้วยแรงต้านดังต่อไปนี้

- ท่าก้าวย่อ (Leg lunge)
- ท่าย่อยืน (Squat)
- ท่ายืนเขย่ง (Standing calf Raises)
- ท่าดันพื้น (Push up)
- ท่าดันเบาะ (Dips)
- ท่ากระดาน (Plank)
- ท่าพับข้อสะโพก (Sit up)

รูปที่ 40 ท่าก้าวย่อ (Leg lunge)



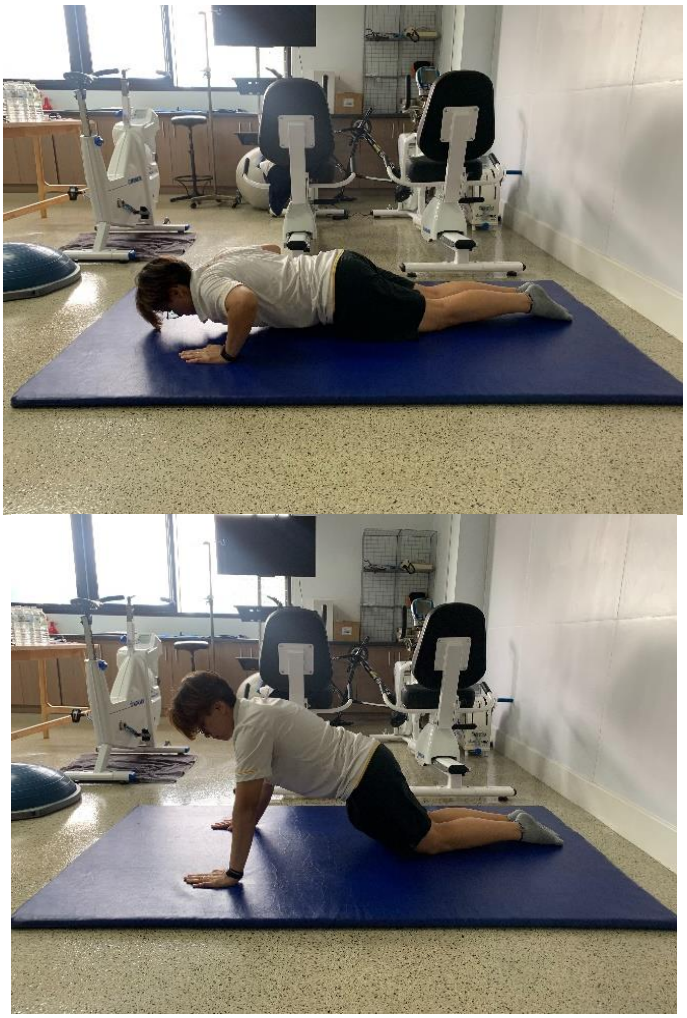
รูปที่ 41 ท่าย่อยืน (Squat)



รูปที่ 42 ท่ายืนเขย่ง (Standing calf Raises)

รูปที่ 43 ท่าดันพื้น (Push up) สำหรับผู้ชาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 44 ท่าดันพื้น (Push up) สำหรับผู้หญิง

รูปที่ 45 ท่าดันเบาะ (Dips)

รูปที่ 46 ท่ากระดาน (Plank)

รูปที่ 47 ท่าพับข้อสะโพก (Sit up)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ถ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อรูปแบบหยุดนิ่ง

ให้ผู้เข้ารับการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังจากการฝึกด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อรูปแบบ (Static stretching) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการฝึกดังนี้

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ด้วยท่ายืนพับขาไปข้างหลัง
- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ด้วยท่ายืนก้มแตะปลายเท้า (Toe touch), นั่งเหยียดแตะปลายเท้า (Runner’s stretch)
- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Inner thigh) ด้วยท่าก้าวขาด้านข้าง (Rear leg lunge), ท่าดอกบัว (Lotus)
- กลุ่มกล้ามเนื้อก้น (Glutes) ด้วยท่าดึงขาสูงค้าง (High knee pull), ท่าก้าวย่อค้าง (Walking lunge)
- กลุ่มกล้ามเนื้องอข้อสะโพก (Hip Flexors) ด้วยท่านกพิราบ (Pigeon) ,ท่านั่งพับขาเอนตัวไปข้างหลัง (Reclining hero)
- กลุ่มกล้ามเนื้อน่อง (Calves) ด้วยท่าดันกำแพง (Wall stretch)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ท
การวิ่งแบบสลับความหนัก Interval running

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยฝึกด้วยการวิ่งแบบสลับความหนัก Interval running โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สัปดาห์ที่ 1 - 4 ทำการฝึกด้วยการวิ่งด้วยระดับความหนักสูงสลับกับช่วงพักจำนวน 15 รอบโดยช่วงฝึกใช้ระดับความหนักที่ร้อยละ 95-100 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาทีสลับกับช่วงพัก โดยพักด้วยรูปแบบ Active rest ที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที

2. สัปดาห์ที่ 5 - 8 ทำการฝึกด้วยการวิ่งด้วยระดับความหนักสูงสลับกับช่วงพักจำนวน 15 รอบโดยช่วงฝึกใช้ระดับความหนักที่ร้อยละ 100 -105 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาทีสลับกับช่วงพัก โดยพักด้วยรูปแบบ Active recovery ที่ระดับความหนักร้อยละ 50 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาที

3. สัปดาห์ที่ 9 - 12 ทำการฝึกด้วยการวิ่งด้วยระดับความหนักสูงสลับกับช่วงพักจำนวน 15 รอบโดยช่วงฝึกใช้ระดับความหนักที่ร้อยละ 105 - 115 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) เป็นระยะเวลา 60 วินาทีสลับกับช่วงพัก โดยพักด้วยรูปแบบ passive recovery เป็นระยะเวลา 60 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ธ

โปรแกรมการวิ่งแบบรักษาความเร็ว (Tempo running)

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งแบบรักษาความเร็ว (Tempo running) จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์โดยมีรายละเอียดการฝึกดังต่อไปนี้

1. สัปดาห์ที่ 1 - 4 ทำการฝึกด้วยการวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 20 นาทีที่โดยมีระดับความหนักร้อยละ 90 – 95 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)

2. สัปดาห์ที่ 5 - 8 ทำการฝึกด้วยการวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 25 นาทีที่โดยมีระดับความหนักร้อยละ 90 – 95 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)

3. สัปดาห์ที่ 9 - 12 ทำการฝึกด้วยการวิ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 30 นาทีที่โดยมีระดับความหนักร้อยละ 90 – 95 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก น
โปรแกรมการวิ่งแบบอย่างง่ายระยะยาว (Long run)

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งแบบอย่างง่ายระยะยาว (Long run) จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์โดยมีรายละเอียดการฝึก ดังต่อไปนี้

ฝึกด้วยโปรแกรมการวิ่งแบบอย่างง่ายระยะยาว (Long run) ด้วยความหนักร้อยละ 80 – 85 ของความเร็วขณะที่ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์โดยมีรายละเอียดการฝึกดังต่อไปนี้

1. ระยะทางเริ่มต้นในสัปดาห์แรก 13.8 กิโลเมตร
2. ในแต่ละสัปดาห์ เพิ่มระยะทางในการฝึกร้อยละ 10 จากระยะทางของสัปดาห์ก่อนหน้า
3. ระยะทางสูงสุดในการฝึกซ้อมคือ 32 กิโลเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก บ
เอกสารประชาสัมพันธ์

ขอเชิญเข้าร่วมการทดลองผลของการฝึกด้วยแรงต้าน ร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

นักวิ่งมาราธอน

1. เป็นนักวิ่ง เพศชายและเพศหญิง อายุ **35 – 45** ปี
2. เคยเข้าร่วมและจบการแข่งขันวิ่งมาราธอนมาแล้วอย่างน้อย 1 ครั้ง โดย**ใช้เวลาน้อยกว่า 6** ชั่วโมงในการแข่งขันวิ่งมาราธอน
3. **ฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 4 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 เดือน และระยะทางรวมอย่างน้อย 40 กิโลเมตรต่อสัปดาห์** (Josh clark, 2016)
4. **ไม่มีโรคประจำตัว** เช่น โรคหัวใจ ลมชัก กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะสมองเสื่อม ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในโลหิตสูง เป็นต้น
5. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากอุบัติเหตุและการออกกำลังกายอย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย**อย่างน้อย 6 เดือน**
6. มีความ**สมัครใจเข้า**ร่วมการวิจัยและยินดีลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลของเลือดต่อความสามารถในการวิ่งมาราธอนในนักวิ่งวัยกลางคน

ประโยชน์จากการเข้าร่วมการวิจัย

1. ได้รับการตรวจสมรรถภาพทางกายทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียดโดยผู้เชี่ยวชาญ เช่น องค์ประกอบของร่างกาย, ความทนทานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, Maximal oxygen consumption, Anaerobic threshold, Running economy
2. ได้เรียนรู้การฝึกวิ่งมาราธอนอย่างถูกต้องและเหมาะสมสำหรับรายบุคคล
3. ได้รับแผนการฝึกวิ่งและการฝึกด้วยแรงต้านสำหรับการวิ่งมาราธอนอย่างละเอียด
4. ได้รับความรู้ทางสรีรวิทยาทางการกีฬาพื้นฐานขณะทำการฝึก
5. ได้รับของที่ระลึกและค่าตอบแทน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). **วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา**. กรุงเทพฯ: สินธนาก็อปปี้เซ็นเตอร์

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกัลยา ปาละวิวัฒน์. (2536). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพมหานคร: ธรรมกมลการพิมพ์

ไวพจน์ จันทร์เสม. (2545). **การพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

เสกข์ศักย์ ธิติศักดิ์. (2556). **การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยแรงต้านแบบมีการพักระหว่างการออกแรง กับแบบประเพณีนิยมที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

เอกพันธ์ ภู่เงิน. (2561). **ผลของการฝึกแบบพลัยโอเมตริกและแบบเอกเซนตริกต่อความแข็งแกร่งของเอ็นร้อยหวายของนักวิ่งระยะไกลชาย.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

ภาษาอังกฤษ

Assumpcao Cde O, Lima LC, Oliveira FB, et al. *Exerciseinduced muscle damage and running economy in humans*. Sci World J. 2013;2013 Article ID 189149.

Barnes & Kilding (2015). *Running economy: measurement, norms, and determining factors*. **Sports Med Open**. 1(1): 8.

Barnes & Kilding (2015). *Strategies to improve running economy*. **Sports Med**. 45(1): 37-56.

Bean,A. (2008). *The complete guide to strength training (4th ed.).* London: A. & C. Black.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Blagrove, Howatson G., Hayes P. (2018). Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. **Sports Med.** 48(5): 1117-1149.

Centner C., Wiegel P., Gollhofer A., Konig D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**. 49(1): 95-108.

Cerezuela-Espejo, V., (2018). The Relationship Between Lactate and Ventilatory Thresholds in Runners: Validity and Reliability of Exercise Test Performance Parameters. **Front Physiol**. 9: 1320.

Coggan A, Spina R, King D. (1992). Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women**. J Appl Physiol**. 72: 1780-6.

Coggan A, Spina R, Rogers M (1990). Histochemical and biochemical characteristics of skeletal muscle in master athletes. **J Appl Physiol**. 68: 1896-901.

Corvino, R. B. (2017). Physiological responses to interval endurance exercise at different levels of blood flow restriction**. Eur J Appl Physiol**. 117(1): 39-52.

Cuk, I. (2019). Age Differences in Pacing in Endurance Running: Comparison between Marathon and Half-MarathonMen and Women. **Medicina (Kaunas)**. 55(8).

De Oliveira, M. F. (2016). Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength. **Scand J Med Sci Sports**. 26(9): 1017-1025.

Ely, M. R. (2008). Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. **Med Sci Sports Exerc**. 40(9): 1675-1680.

Exell, T. (2017). Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. **Scand J Med Sci Sports**. 27(11): 1273-1282.

Fahs, C. A. (2015). Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood

flow restriction. **Clin Physiol Funct Imaging** 35(3): 167-176.

Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy : the forgotten factor in elite performance. *Sports Med,* 37(4-5), 316-319. doi:10.2165/00007256-200737040-00011

Foster, C., & Lucia, A. (2007). Running economy. **Sports medicine**, 37(4-5), 316-319.

Fuller, J. T. (2015). The effect of footwear on running performance and running economy in distance runners. **Sports Med** 45(3): 411-422.

Gordon, D., et al. (2017). Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. **Open Access J Sports Med**. 8: 231-241.

Hazar Kanik, Z. (2017). Relationship between scapular muscle and core endurance in healthy subjects. **J Back Musculoskelet Rehabil**. 30(4): 811-817.

Jessee, M. B. (2018). Muscle Adaptations to High-Load Training and Very Low-Load Training With and Without Blood Flow Restriction. **Front Physiol**. 9: 1448.

Jignesh P.,Ankit P.and Punit R. (2014). Facial Age Group Classification. *IOSR Journal og Electronics and Communication Engineering*. 2278-2834.

Joyner, M. J. and E. F. Coyle (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. **J Physiol**. 586(1): 35-44.

Knechtle, B. and P. T. Nikolaidis (2018). Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. **Front Physiol**. 9: 634.

Knechtle, B. (2017). Differences in age of peak marathon performance between mountain and city marathon running - The Jungfrau Marathon in Switzerland. **Chin J Physiol**. 60(1): 11-22.

Komi, P. V. (1992). *Strength and power in sport. Oxford;* Boston champain, ILL.SS: Blackwell Scientific Publications; Human Kinetics Book, distributor.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lehto, N. (2016). Effects of age on marathon finishing time among male amateur runners in Stockholm Marathon 1979-2014. **J Sport Health Sci**. 5(3): 349-354.

Lexell J, Taylor C, Sjostrom M. (1988). What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year old men. **J Neurol Sci.** 84: 275-94.

Lixandrao, M. E. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **Eur J Appl Physiol**. 115(12): 2471-2480.

Lixandrao, M. E. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**. 48(2): 361-378.

Loenneke, J. P. (2011). Blood flow restriction: the metabolite/ volume threshold theory. **Med Hypotheses**. 77(5): 748-752.

Loenneke, J. P. (2012). Blood flow restriction: how does it work?. **Front Physiol**. 3: 392.

Loenneke, J. P. (2012). Blood flow-restricted resistance exercise: rapidly affecting the myofibre and the myonuclei. **J Physiol**. 590(21): 5271.

Loenneke, J. P. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **Eur J Appl Physiol**. 112(5): 1849-1859.

Madarame, H. (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. **Med Sci Sports Exerc**. 40(2): 258-263.

Nicola, T. L. and D. J. Jewison (2012). The anatomy and biomechanics of running. **Clin Sports Med**. 31(2): 187-201.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Nikolaidis, P. T. and B. Knechtle (2017). Effect of age and performance on pacing of marathon runners. **Open Access J Sports Med**. 8: 171-180.

Ozaki H. (2016). Muscle growth across a variety of exercise modalities and intensities: Contributions of mechanical and metabolic stimuli. **Med Hypotheses**. 88: 22-26.

Park S. Y. (2015). Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. **Korean J Physiol Pharmacol**. 19(3): 191-196.

Paton C. D. (2017). The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. **Eur J Appl Physiol**. 117(12): 2579-2585.

Patterson S. D. (2019). Blood Flow Restriction Exercise Position Stand: Considerations of Methodology, Application, and Safety. **Front Physiol**. 10: 533.

Patterson S. D. and R. A. Ferguson (2011). Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. **J Aging Phys Act**. 19(3): 201-213.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med, 45*(2), 187-200. doi:10.1007/s40279-014-0264-9

Perry C.G., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, 33(6): 1112-1123.

Pollock M. L., & Wilmore J. H. (1990). Prescribing exercise for the apparently healthy. Exercise in health and disease, **2nd ed. Philadelphia**: WB Saunders, 371-484.

Poole, D. C., Burnley, M., Vanhatalo, A., Rossiter, H. B., & Jones, A. M. (2016). Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. **Medicine and science in sports and exercise**, 48(11): 2320-2334.

Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 27(10): 2914-2926.

Predel, H. G. (2014). Marathon run: cardiovascular adaptation and cardiovascular risk. **Eur Heart J**. 35(44): 3091-3098.

Reaburn, P., & Dascombe, B. (2008). Endurance performance in masters athletes. **European Review of Aging and Physical Activity**. 5(1): 31-42.

Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**. 265(3): E380-E391.

Sargeant, A. J., Hoinville, E., & Young, A. (1981). Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. **Journal of applied physiology**. 51(5): 1175-1182.

Schoenfeld, B. J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. **Sports Med** 43(3): 179-194.

Scott, B. R. (2014). Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. **Sports Med**. 44(8): 1037-1054.

Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. **Journal of science and medicine in sport**. 19(5): 360-367.

Seiler S, Haugen O, Kuffel E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. **Med Sci Sports Exerc**. 39: 1366–1373.

Seiler, Jøranson, Olesen, & Hetlelid. (2013). Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Scandinavian journal of medicine & science in sports. 23(1): 74-83.

Seiler, K. S., & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an " optimal" distribution?. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**. 16(1): 49-56.

Seiler, S., & Hetlelid, K. J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 37(9): 1601-1607.

Shahidi, N. T. (2001). A review of the chemistry, biological action, and clinical applications of anabolic-androgenic steroids. **Clinical therapeutics**. 23(9). 1355-1390.

Shephard, R. J. (1997). Aging, physical activity, and health: **Human Kinetics Publishers**. 56(2): 13-22.

Silva, R. (2017). Effects of a 4-week high-intensity interval training on pacing during 5-km running trial. **Braz J Med Biol Res**. 50(12): e6335.

Smiles, W. J., Conceição, M. S., Telles, G. D., Chacon-Mikahil, M. P., Cavaglieri, C. R., Vechin, F. C.,Camera, D. M. (2017). Acute low-intensity cycling with blood-flow restriction has no effect on metabolic signaling in human skeletal muscle compared to traditional exercise. **European Journal of Applied Physiology**. 117(2): 345-358.

Stepto, N. K., Hawley, J. A., Dennis, S. C., & Hopkins, W. G. (1999). Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. **Medicine and science in sports and exercise**. 31: 736-741.

Stöggl, T. L., & Björklund, G. (2017). High intensity interval training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high volume low intensity training. **Frontiers in physiology**. 8: 562.

Stöggl, T., & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. **Frontiers in physiology**. 5: 33.

Støren, Ø., Helgerud, J., Sæbø, M., Støa, E. M., Bratland-Sanda, S., Unhjem, R. J., Wang, E. (2017). The Effect of Age on the VO2max Response to High-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Intensity Interval Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 49(1): 78-85.

Støren, Ø., Ulevåg, K., Larsen, M. H., Støa, E. M., & Helgerud, J. (2013). Physiological determinants of the cycling time trial. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. 27(9): 2366-2373.

Suga, T. (2010). Dose effect on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. **J Appl Physiol**. 108(6): 1563-1567.

Takada, S. (2012). Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. **Med Sci Sports Exerc**. 44(3): 413-419.

Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European Journal of Applied Physiology**. 86(4): 308-314.

Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 32(12): 2035-2039.

Takayama, F. (2017). "Effects of Marathon Running on Aerobic Fitness and Performance in Recreational Runners One Week after a Race." **J Sports Med (Hindawi Publ Corp).** 2017: 9402386.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Tanaka, H., & Seals, D. R. (2008). Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. **The Journal of physiology**. 586(1): 55-63.

Thompson, M. A. (2017). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. **Integr Comp Biol**. 57(2): 293-300.

Trappe S, Costill D, Vukovich M (1996). Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. **J Appl Physiol**. 80(1): 285-90.

Trappe SW, Costill DL, Fink WJ (1995). Skeletal muscle characteristics among distance runners: a 20-yr follow-up study. **J Appl Physiol**. 78(3): 823-9.

Van Gent, R. N. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. **Br J Sports Med**. 41(8): 469-480.

Vickers, A. J., & Vertosick, E. A. (2016). An empirical study of race times in recreational endurance runners. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**. 8(1), 26.

Vickers, A. J., & Vertosick, E. A. (2016). An empirical study of race times in recreational endurance runners. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, 8(1), 26.

Wan, J. J. (2017). Muscle fatigue: general understanding and treatment. **Exp Mol Med**. 49(10): e384.

Yasuda, T. (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. **Eur J Appl Physiol**. 111(10): 2525-2533.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอัครเศรษฐ เลิศสกุล
วัน เดือน ปี เกิด	1 มิถุนายน 2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานครฯ
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2559
ที่อยู่ปัจจุบัน	82/90 หมู่บ้านทิพวัล ตำบลบางเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
ผลงานตีพิมพ์	Oral presentation "10th International Conference on Sports and Exercise Science "

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University