การตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

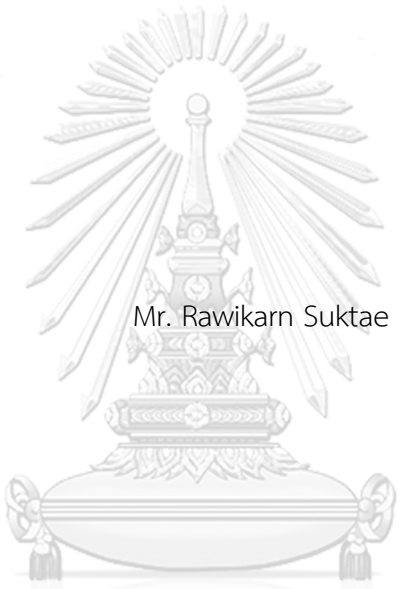
นายรวิกานต์ สุขแท้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACUTE RESPONSE OF COMBINED PLYOMETRIC AND ELASTIC TRAINING ON POWER, SPEED, AND AGILITY DURING WARM-UP IN MALE FUTSAL PLAYERS

Mr. Rawikarn Suktae



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย
โดย	นายรวิกานต์ สุขแท้
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รวิกานต์ สุขแท้ : การตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย. (ACUTE RESPONSE OF COMBINED PLYOMETRIC AND ELASTIC TRAINING ON POWER, SPEED, AND AGILITY DURING WARM-UP IN MALE FUTSAL PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.สุทธิกร อาภานุกูล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.นงนภัส เจริญพานิช

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย กลุ่มตัวอย่างนักกีฬาฟุตซอลชายจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 9 คน (อายุ=20.78±1.34 ปี, น้ำหนัก=67.59±5.15 กิโลกรัม, น้ำหนักไร้ไขมัน=56.80±2.74 กิโลกรัม, ส่วนสูง=173.22±4.52 เซนติเมตร, ความยาวขา=88.11±2.26 เซนติเมตร) โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วย การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด โดยใช้วิธีถ่วงดุลลำดับ ทำการทดสอบ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว การทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำและความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ของการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบแตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่แตกต่างระหว่าง 4 รูปแบบ ส่วนค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบความเร็ว และค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวของการกระตุ้นทั้ง 4 รูปแบบ ไม่แตกต่างกับค่าเริ่มต้น สรุปผลการวิจัย การกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบนั้น สามารถพัฒนาพลัง จากความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเหมาะกับการนำไปปรับใช้ระหว่างการอบอุ่นร่างกายสำหรับกีฬาที่ต้องการพลังและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6270023139 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Futsal / Plyometric / Mini-band / Muscle activation / Chulalongkorn futsal players

Rawikarn Suktae : ACUTE RESPONSE OF COMBINED PLYOMETRIC AND ELASTIC TRAINING ON POWER, SPEED, AND AGILITY DURING WARM-UP IN MALE FUTSAL PLAYERS. Advisor: SUTTIKORN APANUKUL Co-advisor: Nongnapas Charoenpanich

The purpose of this study was to investigate and compare acute responses of combined plyometric and elastic training on power, speed, and agility during warm-up in male futsal players. Nine futsal players (age=20.78±1.39 yrs., body mass=67.59±5.15 kg., fat free mass=56.80±2.74 kg., height=173.22±4.52 cm., leg length=88.11±2.26 cm.) volunteered for this study. Each subject performed a plyometric training (PLYO), elastic band training (BAND), elastic band followed by plyometric training (BAPL), plyometric combined with elastic band training (CBBP) using a counterbalance experimental design, the peak power, peak vertical ground reaction force, peak barbell velocity, speed, and agility were determined. Each experiment was separated by 1 week. Data were analyzed by One-way analysis of variance with repeated measures and Friedman One-way Repeated measure analysis of variance by ranks to determine the statistical significance level at p-value < 0.05.

The results showed that average peak power and average peak barbell velocity were significant for each training when compared to baseline (P<0.05) but were not significant among training, the average speed and average agility were not significant for each training when compared to baseline (P>0.05). Conclusion, PLYO, BAND, BAPL, and CBBP can enhance peak power. Hence, PLYO, BAND, BAPL, and CBBP can be used for enhancing performance during warm-up.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Sports and Exercise Science	Student's Signature .....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ ดร. สุทธิกร อาภานุกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดจน อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำดูแลเอาใจใส่ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการวิจัยในครั้งนี้ด้วยดี จึงขอกราบของพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบญจพล เบญจพลากร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่ และนายรักษ์พล สายเนตรงาม ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาตลอดจนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

และที่สำคัญขอขอบพระคุณโค้ชและกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย

รวิกานต์ สุขแท้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

คำถามในการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

คำจำกัดความของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 9

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1.กีฬาฟุตซอล 10

2.สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ 11

3.ระบบประสาทกล้ามเนื้อ 16

4.สมรรถภาพทางกาย 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.การกระตุ้นกล้ามเนื้อ 21
6.วิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
กรอบแนวคิดในการวิจัย 40
บทที่ 3 41
วิธีดำเนินการวิจัย 41
กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง 41
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 42
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 49
การเก็บรวบรวมข้อมูล 49
การวิเคราะห์ข้อมูล 50
บทที่ 4 53
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 53
ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก น้ำหนักไร้ไขมัน ส่วนสูง และความยาวขา 54
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measures ANOVA) และความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ (Friedman Test) ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่ววองไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) หากพบความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni..... 55
ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่ววองไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด่วยการฝึก พลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) 58
บทที่ 5 64
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 64
สรุปผลการวิจัย 64
อภิปรายผลการวิจัย 66
ข้อจำกัดในการวิจัย 69
ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ 69
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป 70
บรรณานุกรม 71
ภาคผนวก 83
ภาคผนวก ก 84
การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) 84
ภาคผนวก ข 85
แบบคัดกรอง 85
ภาคผนวก ค 86
การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) แผ่นตรวจจับแรงกระแทกและตัวแปลงสัญญาณตำแหน่งของเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด FT 700 power system ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรม Ballistic Measurement system 86
ภาคผนวก ง 89
วิธีการทดสอบค่าพลังสูงสุด ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วบาร์เบลสูงสุด ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว 89
ภาคผนวก จ 92
วิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) 92
ภาคผนวก ฉ 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกข้อมูล 93
ภาคผนวก ฌ 94
โปรแกรมการฝึก 94
ภาคผนวก ญ 103
คุณสมบัติของยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower 103
ภาคผนวก ฎ 105
ทำการอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) 105
ภาคผนวก ฐ 108
ทำการคลายอุ่นร่างกาย (Cool down) หลังจากการทดสอบ 108
ภาคผนวก ฑ 111
ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test 111
ภาคผนวก ฒ 112
การประเมินคุณภาพ IOC 112
ภาคผนวก ณ 124
งบประมาณในงานวิจัย 124
ภาคผนวก ด 125
ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 125
ประวัติผู้เขียน 126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของวงจรพลัยโอเมตริก 27

ตารางที่ 2 แสดงการออกกำลังกายด้วยพลัยโอเมตริกของร่างกายส่วนล่างตามประสบการณ์ของนักกีฬา..... 28

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนครั้ง (เมื่อเท้าสัมผัสพื้น) ของของร่างกายส่วนล่างตามประสบการณ์ของนักกีฬา..... 28

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก น้ำหนักไร้ไขมัน ส่วนสูง และความยาวขาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน..... 54

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measures ANOVA) และความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ (Friedman Test) ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)..... 55

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดเป็นรายคู่ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)..... 56

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความเร็วของบาร์เบลสูงสุดเป็นรายคู่ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)..... 57

ตารางที่ 8 วิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) 92

ตารางที่ 9 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก 94

ตารางที่ 10 การฝึกด้วยยางยืด..... 94

ตารางที่ 11 การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก 95

ตารางที่ 12 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด 95

ตารางที่ 13 การหาความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้ฝึกของนักกีฬาแต่ละคน 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ตารางแสดงคุณสมบัติยางยืดวงเล็ก (Mini-band) แต่ละสีของยี่ห้อ Chrispower 103
ตารางที่ 15 ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test .. 111
ตารางที่ 16 งบประมาณในงานวิจัย..... 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิของเลือด (Tb) ต่อ โค้งของการปล่อยออกซิเจนจาก oxyhemoglobin Po2 = ความดันของออกซิเจน 24

รูปที่ 2 กราฟแสดงแรงต้านต่อความยาวที่เพิ่มขึ้นของยางยืดยี่ห้อ thera-Band™ 33

รูปที่ 3 กรอบแนวคิดการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย 40

รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิจัยการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย 51

รูปที่ 5 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้จีพาวเวอร์ 84

รูปที่ 6 แสดงการวางแผ่นน้ำหนักลงบนแผ่นรับแรงกระแทก 86

รูปที่ 7 แสดงการวางแผ่นน้ำหนักลงบนแผ่นรับแรงกระแทก 86

รูปที่ 8 แผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศสหรัฐอเมริกา 87

รูปที่ 9 แสดงการวัดระยะห่างหมายเลข 1 และ 16 ได้ 120 เซนติเมตร 87

รูปที่ 10 แสดงบาร์เบลอยู่บนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบล ซึ่งวางอยู่ในช่องหมายเลข 1 87

รูปที่ 11 แสดงบาร์เบลอยู่บนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบลซึ่งวางอยู่ในช่องหมายเลข 16 88

รูปที่ 12 เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด FT 700 power system 89

รูปที่ 13 เครื่องวัดความสามารถในการวิ่ง ยี่ห้อ Swift Speed Light timing & training systems (Australia) 90

รูปที่ 14 แบบทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร 90

รูปที่ 15 ภาพแสดงแบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว 91

รูปที่ 16 การทำท่า Double leg front & back jump 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 17 การทำท่า Single leg Lateral jump 96
รูปที่ 18 การทำท่า Split squat jump 97
รูปที่ 19 การทำท่า Mini-band squat walk forward & backward 97
รูปที่ 20 การทำท่า Mini-band squat lateral walk 98
รูปที่ 21 การทำท่า Mini-band monster walk 99
รูปที่ 22 การทำท่า Mini-band double leg front & back jump 100
รูปที่ 23 การทำท่า Mini-band single leg Lateral jump 100
รูปที่ 24 การทำท่า Mini-band split squat jump 101
รูปที่ 25 ยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower 103
รูปที่ 26 เครื่องวัดมุมข้อต่อ (Goniometer) 104
รูปที่ 27 ทำการยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในท่าวอล์กกิ้ง ควอดไดรเซฟฟ์ สเตรทช์ (Walking quadriceps stretch) 105
รูปที่ 28 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่องและต้นขาด้านหลัง ในสแทนดิ่งคาล์ฟ แอนแฮมสตริง สเตรทช์ (Standing calf and hamstring stretch) 105
รูปที่ 29 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (Knee to chest walking) 106
รูปที่ 30 ยืดเหยียดในท่าก้าวย่อด้านข้าง (Side lunge) 106
รูปที่ 31 ยืดเหยียดในท่าก้าวย่อด้านหน้า (Forward lunge) 107
รูปที่ 32 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพกในท่า บอดี้เวท สควอท (Bodyweight squat) 107
รูปที่ 33 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง 108
รูปที่ 34 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า 108
รูปที่ 35 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามต้นขาด้านหลัง 109
รูปที่ 36 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อก้น 109
รูปที่ 37 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตซอลเป็นกีฬาฟุตบอลขนาดเล็กที่เล่นในร่ม (Indoor soccer) จำนวนฝั่งละ 5 คน (รวมผู้รักษาประตู) กีฬาฟุตซอลได้จัดอยู่ในส่วนหนึ่งของสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) ฟุตซอลจัดเป็นกีฬาแบบหนักมากสลับเบา (High-intensity intermittent exercises) ผู้เล่นจะต้องเป็นฝ่ายรุกและรับสลับกันอย่างรวดเร็ว มีช่วงเวลาพักสั้นๆ (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Spyrou et al., 2020) การเล่นมี 2 ครึ่ง ครึ่งละ 20 นาที เล่นด้วยความเข้มข้นปานกลางและสูง สนามมีขนาด 40 × 20 เมตร การเคลื่อนไหวที่มักพบขณะเล่นฟุตซอล คือ การสปริ้นท์ (Sprint) สปริ้นท์ซ้ำ (Repeated sprint) การเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) การเคลื่อนที่ทั้งด้านหน้า ด้านข้างและด้านหลัง และใช้ทักษะที่หลากหลาย (Naser et al., 2017) ซึ่งการที่จะทำสมรรถภาพทางกายเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นพบว่า กล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายจะต้องมีความแข็งแรง มีการทำงานประสานร่วมกัน โดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อสำคัญที่คอยช่วยให้สามารถเคลื่อนที่ และเคลื่อนไหวร่างกายส่วนล่างได้ทุกทิศทาง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเคลื่อนที่ของนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกประกอบด้วย กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius) กลูเตียส มินิมัส (Gluteus minimus) กล้ามเนื้อพิริฟอมัส (Pirifomus) กล้ามเนื้อแอดดัคเตอ ลองกัส (Adductor longus) กล้ามเนื้อแอดดัคเตอ แมกนัส (Adductor magnus) กล้ามเนื้อไบเซฟ ฟิมอริส (Biceps femoris) กล้ามเนื้อควอดดราทัส ฟีมอริส (Quadratus femoris) กล้ามเนื้อโฟแอส (psoas) กล้ามเนื้ออิลิคัส (Ilicus) กล้ามเนื้อกลาซิลิส (gracilis) กล้ามเนื้อออบทูเลเตอ (Obturator) กล้ามเนื้อเรคตัสฟีมอริส (Rectus femoris) (Hamil & Knutzen 2009; Malloy et al., 2016; Raj, 2016; Struminger, 2013)

กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงและสามารถสร้างพลังสูงสุดได้มาก (Mesquita, 2015; Weineck, 1990) โดยกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกสามารถสร้างแรงระเบิดและการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง เช่น การวิ่งสปริ้นท์ การกระโดด และความคล่องแคล่วว่องไว (Mero & Komi, 1994; Nelson & Debeliso, 2014) ซึ่ง Bishop (2003a) พบว่าจะต้องมีการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมพร้อมและเป็นการเพิ่มสมรรถภาพสำหรับกิจกรรมที่จะทำต่อไป โดยจะมีขั้นตอนการอบอุ่นร่างกายคือ 1) การเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิก 2) การยืดเหยียดร่างกายแบบเคลื่อนไหว 3) การกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยหนึ่งในขั้นตอนของการอบอุ่นร่างกายที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพได้ดีก็คือการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้ดีขึ้นหลังจากการกระตุ้นว่า โพสต์แอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น หรือ พีเอพี (Postactivation

Potentiation หรือ PAP) หมายถึง ประสิทธิภาพในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้รับการกระตุ้นให้ทำงานจากการทำงานก่อนหน้า (Lorenz, 2011) ซึ่งกลไกการเกิด PAP มี 3 ทฤษฎีที่คาดว่าส่งผลมากที่สุด คือ 1) เพิ่มการตอบสนองต่อแคลเซียมไอออนของแอคตินและไมโอซิน 2) เพิ่มการสั่งการจากหน่วยประสาทสั่งการ 3) ลดมุมเพนเนชั่นของกล้ามเนื้อ (Lorenz, 2011; Xenofondos et al., 2010) ส่งผลให้การกระตุ้นนี้สามารถเพิ่มความสามารถที่เกี่ยวของกับสมรรถภาพแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ (Docherty et al., 2004) และจำเป็นที่จะต้องมีการพักที่เพียงพอ (ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ) หลังทำการกระตุ้นเพื่อที่จะช่วยในการกลับคืนมาของระบบพลังงานฟอสฟาเจนหรือ เอทีพี-ซีพี (Phosphagen or ATP-CP) (Fleck & Kremer, 1987) โดยวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก กระตุ้นด้วยด้วยแรงต้าน และกระตุ้นด้วยยางยืด โดย Tsolakis et al. (2011) ได้ทำการศึกษา การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยแรงต้าน โดยใช้ท่า Leg press ด้วยการให้กล้ามเนื้อทำงานแบบไอโซเมตริกเป็นเวลา 3 วินาที จำนวน 3 รอบ เปรียบเทียบกับการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก โดยใช้ท่า Double leg tuck jump จำนวน 5 ครั้ง 3 รอบ แล้วทำการพักก่อนการทดสอบเป็นเวลา 4 นาที 8 นาที และ 12 นาที พบว่า พลังของกล้ามเนื้อขาในการทำพลัยโอเมตริกให้ผลที่ดีกว่าการหดตัวแบบไอโซเมตริกทั้งสามเวลา เนื่องจากการทำไอโซเมตริกก่อให้เกิดความเมื่อยล้าแก่ร่างกายมากกว่า สอดคล้องกับ Sharma et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบพลัยโอเมตริกจำนวน 40 ครั้ง และรูปแบบแรงต้านจำนวน 10 ครั้ง 1 รอบ ด้วยน้ำหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM มีระยะเวลาการพักก่อนการทดสอบ 1 นาที และ 10 นาที พบว่า การทำพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดได้มากกว่าแรงต้านแต่ความเร็วในการวิ่งนั้นไม่แตกต่างกันที่เวลาพัก 1 นาที และการทำพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดและความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ได้มากกว่าแรงต้านที่เวลาพัก 10 นาที เนื่องจากการใช้แรงต้านก่อให้เกิดความเมื่อยล้าแก่ร่างกายมากกว่า และจากการศึกษาของ ทรงเดช สิงห์ชู และคณะ (2558) พบว่าผลฉับพลันของการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกในท่า Double leg tuck jump จำนวน 5 ครั้ง 3 รอบ และท่า Back squat 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM 3 ครั้ง ที่มีระยะเวลาการพักหลังการกระตุ้น 4 นาที สามารถเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลก่อนการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างการกระตุ้นทั้งสองแบบ สอดคล้องกับ Guerra et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการทำพลัยโอเมตริกจำนวน 45 ครั้ง ที่มีระยะเวลาพัก 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที พบว่า ที่ระยะเวลาการพัก 1 นาทีความสูงในการกระโดดไม่เพิ่มขึ้น และสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดได้ที่ระยะเวลาพัก 3 นาที แต่ไม่เพิ่มขึ้นอีกเมื่อพัก 5 นาที โดยรวมแล้วจากการศึกษาการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มสมรรถภาพแรงระเบิดของกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากการทำพลัยโอเมตริกนั้นเป็นการกระตุ้นวงจรการยืด-หด (Stretch-shortening cycle) โดยการยืดกล้ามเนื้อออกอย่างรวดเร็ว

(Eccentric) ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch Reflex) เพื่อให้สะสมพลังงานในกล้ามเนื้อแบบอิลาสติก (Elastic energy) เกิดการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดสองบี (Type IIb) ให้หดตัว (Concentric) ผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟา (Alpha Motor Neuron) (Davies et al., 2015; Haff & Triplett, 2015; Mantilla & Sieck, 2013) โดยจำนวนครั้งที่ทำพบว่ามีจำนวนสูงสุดอยู่ที่ 45 นั้นไม่ได้ทำให้สมรรถภาพลดลงหรือเกิดความเมื่อยล้า และต้องมีการพักเพื่อให้ร่างกายฟื้นคืนระบบพลังงานฟอสฟาเจนหรือ เอทีพี-ซีพี (Phosphagen energy system or ATP-CP) อย่างเพียงพอสำหรับทำกิจกรรมต่อไป เป็นระยะเวลา 3 นาที

ปัจจุบันมีการนำยางยืด (Elastic band) มาใช้เพิ่มการกระตุ้นกล้ามเนื้อและการอบอุ่นร่างกาย เพราะว่ามีน้ำหนักเบาขนาดเล็ก พกพาสะดวก ราคาไม่สูงมาก สะดวกในการใช้ภาคสนาม (Uchida et al., 2016; Santos et al., 2009) และยางยืดมีคุณสมบัติการคืนรูป (Elastic resistance property) โดยยางยืดสามารถคืนกลับมาสู่รูปเดิม (ความยาวเดิม) (Mcmaster et al., 2010) การถูกดึงให้ยืดออกแรงต้านของยางยืดจะเพิ่มขึ้นตามความยาวที่เพิ่มขึ้น ช่วยกระตุ้นระบบประสาทรับรู้และสั่งงานของกล้ามเนื้อต่อแรงดึงของยางที่กำลังถูกยืด เป็นผลดีต่อการทำงานอย่างประสานกันระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2550) ยางยืดมีการผลิตออกมาหลากหลายรูปแบบ เช่น ยางยืดแบบวง (Loop band) ยางยืดแบบท่อ (Elastic tube) ยางยืดวงเล็ก (Mini-band) โดยมีการศึกษาส่วนใหญ่พบว่ายางยืดวงเล็ก สามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางให้ส่งกระแสประสาทมาที่กล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกมากขึ้น ทั้งในท่าเดินที่เป็นการเพิ่มแรงต้านให้กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกจากยางยืดวงเล็กและท่าสควอทที่ยางยืดวงเล็กจะทำการดึงกระดูกต้นขาเข้าด้านในเป็นการทำให้ต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกในการออกแรงให้กระดูกต้นขาอยู่ในท่าสควอทที่ถูกต้อง (Cambridge et al., 2012; Foley et al., 2017; Reece et al., 2020; Spracklin et al., 2017) สอดคล้องกับ Christensen et al. (2020) ได้นำยางยืดมาใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกด้วยท่าเดินและท่าสควอทแล้วทำการพักก่อนการทดสอบเป็นเวลา 2 นาที ผลการวิจัยพบว่า มีแนวโน้มว่าสามารถเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไว ความสูงในการกระโดด และความสามารถในการวิ่งสปรินท์ เช่นเดียวกับ Pinfold et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันด้วยการกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกและขาพร้อมกับการใส่อุปกรณ์ยางยืด ด้วยท่า hip air plane และท่า monster walk แล้วทำการทดสอบสมรรถภาพหลังการกระตุ้นกล้ามเนื้อ 90 วินาที พบว่า สามารถกระโดดได้สูงขึ้นและวิ่งได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากการใช้ยางยืด เป็นการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนส่วนกลางทำให้หน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้นผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟา (Alpha Motor Neuron) (Kuriki et al., 2012; Triplett, 2016) จึงส่งผลให้สมรรถภาพของนักกีฬาดีขึ้น

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ดังนี้ การทำพลัยโอเมตริกนั้นสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้จากการกระตุ้นวงจรการยืด-หด เกิดในระหว่างกล้ามเนื้อกำลังยืดออก เป็นการกระตุ้นการทำงานของของ มัสเซิล สปินเดิล ให้ส่งกระแสประสาทไปยังไขสันหลังซึ่งขณะนี้เป็นช่วงเปลี่ยนจากการยืดออกของกล้ามเนื้อเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ จากนั้นกระแสประสาทจะกลับมาระดมหน่วยประสาทสั่งการ ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วให้เปลี่ยนเป็นหดสั้น อย่างรวดเร็วทำให้สามารถสร้างแรงได้มากขึ้นจากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และการใช้ยางยืดวงเล็กสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้จากการกระตุ้นการทำงานที่ระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้หน่วยประสาทสั่งการเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้น ทั้งยังมีแรงต้านไม่สูงมากจึงไม่ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Buttifant & Hrysomallis, 2015) จึงมีแนวคิดในการนำมาผสมผสานใช้ในการกระตุ้นกล้ามเนื้อของนักกีฬา โดยมีสองแนวคิดคือ 1) การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืดก่อนแล้วตามด้วยการทำพลัยโอเมตริกตามปรากฏการณ์ของ PAP ที่บอกว่าประสิทธิภาพในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้รับการกระตุ้นให้ทำงานจากการทำงานก่อนหน้า และเมื่อทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืดก่อนนั้นจะส่งผลให้การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการทำพลัยโอเมตริกส่งผลได้ดีขึ้นไปอีกหรือไม่ 2) การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด จากการกระตุ้นทั้งสองแบบนั้นเป็นการกระตุ้นคนละส่วนกัน การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืดเป็นการกระตุ้นที่ระบบประสาทส่วนกลางให้ทำการระดมหน่วยประสาทสั่งการให้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้น และการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยพลัยโอเมตริกที่เป็นการกระตุ้นที่ มัสเซิล สปินเดิล (Muscle spindle) จากการยืดออกของกล้ามเนื้อ ก่อให้เกิดการระดมหน่วยประสาทสั่งการที่กล้ามเนื้อ และเมื่อนำมาใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อร่วมกันนั้นจะส่งผลให้การกระตุ้นกล้ามเนื้อนั้นส่งผลได้ดีขึ้นไปอีกหรือไม่

จากประโยชน์ของการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่กล่าวมาข้างต้นด้วยการทำพลัยโอเมตริกที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพของนักกีฬาได้จากการกระตุ้นมัสเซิล สปินเดิล โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า และการใช้ยางยืดวงเล็กที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายจากการกระตุ้นที่ระบบประสาทส่วนกลางให้เพิ่มการทำงานของประสาทสั่งการ ทั้งยังพกพาได้สะดวกและมีแรงต้านไม่สูงมาก นั้นควรที่จะกระตุ้นด้วยยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ก่อนแล้วจึงกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกตามปรากฏการณ์ของ PAP หรือทำการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด จากการที่ยางยืดและพลัยโอเมตริกเป็นการกระตุ้นที่คนละส่วนกัน ผู้วิจัยจึงมีความคิดว่าจากคุณสมบัติของทั้งสองวิธีน่าจะส่งเสริมกันจึงต้องการเอามาผสมผสานในการกระตุ้นกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬา เพราะยังไม่มีงานวิจัยศึกษาผลของการนำการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดวงเล็กมาใช้ผสมผสานกันขณะทำการอบอุ่นร่างกาย โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือ เพื่อศึกษาการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืด

ที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกาย ซึ่งเป็นสมรรถภาพสำคัญสำหรับนักกีฬาฟุตซอล เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติและศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

คำถามในการวิจัย

การตอบสนองฉับพลันของการของการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก การกระตุ้นด้วยยางยืด การกระตุ้นด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก และการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ขณะทำการอบอุ่นร่างกายส่งผลต่อ พลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตซอลชายแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

สมมุติฐานของการวิจัย

การตอบสนองฉับพลันของการของการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก การกระตุ้นด้วยยางยืด การกระตุ้นด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก และการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ขณะทำการอบอุ่นร่างกายส่งผลต่อ พลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตซอลชายแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักกีฬาฟุตซอลชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาฟุตซอลชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี จำนวน 12 คน

ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการกระตุ้น 4 รูปแบบ ได้แก่

1. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก
2. การฝึกด้วยยางยืด
3. การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก
4. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. พลัง

-พลังสูงสุด

-แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด

-ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด

2. ระยะเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร

3. ความคล่องแคล่วว่องไว

สถานที่

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูล คือ

1. ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. สนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

การศึกษาใช้เวลา 7 สัปดาห์ โดย 2 สัปดาห์แรกกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการฝึกวิธีการฝึกกล้ามเนื้อที่ถูกต้องโดยทำการฝึก 1 วันต่อสัปดาห์ วันละ 30 นาที และทำการทดลอง 4 สัปดาห์ ทดลอง 1 วันต่อสัปดาห์ ในวันจันทร์ ช่วงเวลา 15.00 – 19.00 น.

คำจำกัดความของการวิจัย

กีฬาฟุตซอล (Futsal) หมายถึง ฟุตบอลขนาดเล็กในที่ร่ม (Indoor soccer) ระหว่างสองทีม จำนวนผู้เล่นทีมละ 5 คน 1 คนเป็นผู้รักษาประตู และมีผู้เล่นสำรองไม่เกิน 5 คน โดยเวลาที่ใช้ในการแข่งขันแบ่งออกเป็นสองครึ่งครึ่งละ 20 นาทีรวม 40 นาที

นักกีฬาฟุตซอล (Futsal players) หมายถึง นักกีฬาฟุตซอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-25 ปี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การกระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (Activation by plyometric training) หมายถึง การกระตุ้นการทำงานของของ มัสเซิล สปินเดิล (Muscle Spindle) เพื่อเพิ่มการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วโดยให้กล้ามเนื้อยืดออกและทำการหดตัวอย่างรวดเร็วทันที โดยไม่ใช้น้ำหนักจากภายนอก (Davies et al., 2015) โดยงานวิจัยนี้ใช้การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วย พลัยโอเมตริก ในท่า Double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างท่า 30 วินาที

การกระตุ้นด้วยการฝึกด้วยยางยืด (Activation by elastic band training) หมายถึง การกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้หน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) เข้ามามีส่วนร่วมในการ

ทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้น (Reece et al., 2020) โดยงานวิจัยนี้ใช้การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืด โดยใช้ยางยืดวงเล็กใส่บริเวณเหนือหัวเข่า ในท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวน 8 ครั้ง (4 ก้าวต่อด้าน) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Mini-band squat lateral walk จำนวน 8 ครั้ง (4 ก้าวต่อด้าน) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Mini-band monster walk จำนวน 4 ครั้ง (4 ก้าวต่อด้าน) พัก 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างท่า 30 วินาที

การกระตุ้นด้วยการฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (Activation by elastic band followed by plyometric training) หมายถึง การกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้หน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้น โดยใช้ยางยืดวงเล็กใส่บริเวณเหนือหัวเข่า แล้วตามด้วยการกระตุ้นการทำงานของของ มัสเซิล สปินเดิล (Muscle Spindle) เพื่อเพิ่มการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วโดยให้กล้ามเนื้อยืดออกและทำการหดตัวอย่างรวดเร็วทันที โดยไม่ใช้น้ำหนักจากภายนอก ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก ในท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวน 8 ก้าว (4 ก้าวต่อด้าน) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยท่า Mini-band squat lateral walk จำนวน 8 ครั้ง (4 ก้าวต่อด้าน) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยท่า Mini-band monster walk จำนวน 8 ครั้ง (4 ก้าวต่อด้าน) แล้วตามด้วยท่า double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง c พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)

การกระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (Activation by plyometric combined with elastic band training) หมายถึง การกระตุ้นการทำงานของของ มัสเซิล สปินเดิล (Muscle Spindle) เพื่อเพิ่มการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วโดยให้กล้ามเนื้อยืดออกและทำการหดตัวอย่างรวดเร็วทันที โดยใช้ยางยืดวงเล็กใส่บริเวณเหนือหัวเข่าเพื่อการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้หน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้นร่วมกันกับพลัยโอเมตริก ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ในท่า Mini-band double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Mini-band single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ แล้วตามด้วยท่า Mini-band split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา) พัก 30 วินาที 2 รอบ พักระหว่างท่า 30 วินาที

พลัง (Power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรง ได้มากที่สุดและเร็วที่สุดหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อเนื้อด้วยเครื่อง FT 700 Power System ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรม Ballistic measurement system โดยใช้ท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นจั้มพ์ (Countermovement jump) ย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา โดยวัดค่าดังต่อไปนี้

พลังสูงสุด (Peak power) หมายถึง ค่าของผลคูณระหว่างแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งกับความเร็วของบาร์เบล ณ ช่วงเวลาเดียวกันที่ทำให้เกิดค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม

แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (Peak vertical ground reaction force) หมายถึง แรงปฏิกิริยาแนวดิ่งจากพื้นที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดสะโพกและขา ลงบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ในครั้งที่ได้ค่าพลังสูงสุดมากที่สุด จากการทดสอบด้วยเครื่อง FT 700 และ Ballistic measurement system มีหน่วยเป็นนิวตันต่อกิโลกรัม

ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด (Peak barbell velocity) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงทำให้บาร์เบลเกิดการเคลื่อนไหวด้วยความเร็ว ในครั้งที่ได้ค่าพลังสูงสุดมากที่สุดจากการทดสอบด้วยเครื่อง FT 700 และ Ballistic measurement system มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

ความเร็วในการวิ่ง (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวไปสู่เป้าหมายที่ต้องการโดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบความเร็วในการวิ่งที่ระยะ 10 และ 20 เมตร ด้วยอุปกรณ์ Swift speed Light timing gate มีหน่วยเป็น วินาที

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถของร่างกายและส่วนต่างๆ ของร่างกายที่สามารถเปลี่ยนทิศทางและเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่เสียการทรงตัว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบ T-Test มีหน่วยเป็นวินาที

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทำให้ทราบถึงผลของการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

2. ได้รูปแบบโปรแกรมของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในในนักกีฬาฟุตซอลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. เป็นแนวทางการพัฒนาโปรแกรมการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดขณะทำการอบอุ่นร่างกายสำหรับกีฬาที่ต้องการพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. กีฬาฟุตซอล
    - 1.1 ประวัติกีฬาฟุตซอล
    - 1.2 การเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตซอล
2. สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ
    - 2.1 องค์ประกอบของกล้ามเนื้อ
    - 2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ
    - 2.3 การหดตัวของกล้ามเนื้อ
    - 2.4 ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ
3. ระบบประสาทกล้ามเนื้อ
    - 3.1 ระบบประสาทรับความรู้สึกทางกาย
4. สมรรถภาพทางกาย
5. การกระตุ้นกล้ามเนื้อ
    - 5.1 ประเภทของการกระตุ้น
    - 5.2 กลไกการกระตุ้น
    - 5.3 พลัยโอเมตริก
    - 5.4 การกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพก
    - 5.5 การกระตุ้นด้วยยางยืด
6. วิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ
    - 6.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 6.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.กีฬาฟุตซอล

1.1 ประวัติกีฬาฟุตซอล

กีฬาฟุตซอลได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย เป็นกีฬาที่เล่นกันมานานแล้ว ดังประวัติความเป็นมาดังนี้ (แสงจันทร์ วรสุมันต์ และคณะ, 2555)

“ฟุตซอล (Futsal)” เป็นคำที่ใช้เรียกในการแข่งขันระหว่างชาติมาจากภาษาสเปน หรือโปรตุเกส ที่ใช้เรียก “ซอคเกอร์ (Soccer)” ว่า “Futbol หรือ Futebol” และคำว่า “ในร่ม (Indoor)” นำมาจากภาษาฝรั่งเศสและภาษาสเปน ที่เรียกว่า “Salon หรือ Sala” เป็นการแข่งขันที่มักเรียกกันอยู่เสมอๆ ว่าเป็นการเล่น “ฟุตบอล 5 คน (Five-A-Side Football or Soccer)” กีฬาฟุตซอลเล่นในสนามบาสเกตบอลและสามารถเล่นได้กับพื้นผิวสนามหลายแบบ ลูกบอลที่ใช้มีการกระดอนน้อย ผู้เล่นต้องใช้ความสามารถทางทักษะอย่างมากในการบังคับ ให้เกิดการเคลื่อนที่ เป็นกีฬาที่พัฒนาให้เกิดทักษะต่างๆ อย่างมาก ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง ที่รวดเร็ว ความคิดที่ฉับไว และการส่งที่แม่นยำ ทำให้การแข่งขันมีความตื่นเต้นเร้าใจทั้งผู้เล่นและผู้ชม

การเล่นกีฬาฟุตซอลเริ่มแรกนับย้อนหลังไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 ที่เมืองมอนเตวิดีโอ ประเทศอุรุกวัย ในขณะนั้น โจ อัน คาร์ลอส เซเรียนี (Juan Carlos Ceriani) ได้คิดค้นการเล่น ฟุตบอล 5 คน เพื่อใช้แข่งขันในระดับเยาวชนของ วาย เอ็ม ซีเอ (Y M C A) การแข่งขันเล่นกัน ในสนามบาสเกตบอลทั้งในร่มและกลางแจ้งโดยไม่มีการใช้กำแพงกั้นด้านข้าง

ต่อมากีฬาฟุตซอลได้ขยายออกไปทั่วในอเมริกา โดยเฉพาะในบราซิล ทักษะต่างๆ ได้ถูกพัฒนา ใช้ในการเล่นอย่างเห็นได้ชัดในสไตล์การเล่นของผู้เล่นระดับโลกที่นำไปใช้เล่นในสนามใหญ่ เช่น เปเล่ ซิโก้โซเครติส เบเบโต และผู้เล่นในระดับดาวเด่นอื่นๆ ของบราซิลอีกหลายคนที่พัฒนาทักษะจากการเล่นฟุตซอล ในขณะที่บราซิลเป็นจุดศูนย์กลางในการพัฒนาการเล่นกีฬาฟุตซอล อย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกันฟีฟ่าได้รับเอาการแข่งขันกีฬาฟุตซอลไว้ภายใต้การควบคุมดูแล โดยมีประเทศทั่วโลกกว่า 100 ประเทศ จากยุโรป อเมริกาเหนือ อเมริกากลาง และคาริบเบียน อเมริกาใต้แอฟริกา เอเชียและโอเชียเนีย ซึ่งมีผู้เล่นกว่า 12 ล้านคน

1.2 การเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตซอล

กีฬาฟุตซอลใช้เวลาในการเล่นครึ่งละ 20 นาที ทั้งหมด 2 ครึ่ง เป็นเกมกีฬาที่มีความเข้มข้นระดับสูง และปานกลาง ต้องใช้สมรรถภาพทางกายในเรื่องของพลัง ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว เทคนิค แทคติค จากผู้เล่นเป็นอย่างสูง ขนาดของสนามมีความยาว 40 เมตร กว้าง 20 เมตร จากงานวิจัยพบว่านักกีฬาต้องเคลื่อนไหวเฉลี่ยทั้งหมด 4,000–5,000 เมตร เฉลี่ยนาทีละ 100 เมตร การเคลื่อนที่ที่ใช้ความเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง คิดเป็น 13.7-24.4 % ของการเคลื่อนที่ทั้งหมด และการสปริ้นท์ด้วยความเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลเมตร/ชั่วโมง คิดเป็น 3.2-8.9 % ของการเคลื่อนที่ทั้งหมด หมุนตัวด้วยมุม 0-90° ทั้งด้านซ้ายและขวาประมาณ 600 ครั้ง และ 95 ครั้งของการ

หมุนด้วยมุมมากกว่า 90° มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่มากกว่า 80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และยังต้องใช้ความเร็วในการตัดสินใจในการเคลื่อนไหวตลอดเวลา (Naser et al., 2017) การวิ่ง สปริ้นท์แต่ละครั้งมีระยะทางและเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 10.5 เมตร (6.2-14.8) และ 1.95 วินาที (1.4-2.5) ตามลำดับ (Castagna et al., 2009)

จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการทางสรีรวิทยาของกีฬาฟุตซอล Makaje et al. (2012) สรุปว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีระดับความหนักของกิจกรรมค่อนข้างสูงและไม่ต่อเนื่อง (Intermittent high intensity) นักกีฬาต้องวิ่งด้วยความเร็วที่ความหนักระดับสูงซ้ำกันติดต่อหลายเที่ยวและที่สำคัญมีช่วงระยะเวลาพักสั้นมากจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่นักกีฬาฟุตซอลต้องมีสมรรถภาพทางกายด้านความเร็วความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทนในระดับสูงเป็นพิเศษ

2.สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ

2.1 องค์ประกอบของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่พบมากที่สุดในร่างกายคือประมาณร้อยละ 45 ถึง 50 ของน้ำหนักตัว เซลล์กล้ามเนื้อเป็นเซลล์ที่ไวต่อสิ่งเร้า (Excitable cell) และสามารถส่งสัญญาณไฟฟ้า (Action potential) ไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวจะทำให้เกิดแรงและการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์ หรือใยกล้ามเนื้อ (Muscle cell หรือ Muscle fiber) จำนวนมากเรียงขนานกันและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อจะยึดติดกับเอ็นซึ่งยึดติดกับกระดูกอีกทีนึง เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นยังประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็กเรียกว่าไมโอไฟบริล (Myofibril) จำนวนมาก ในแต่ละไมโอไฟบริลประกอบขึ้นด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยหรือไมโอฟิลาเมนต์ (Myofilament) สองชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (Thick filament) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (Thin filament) หน่วยเล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) (คณาจารย์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อถูกกระตุ้นให้ทำงานก็จะหดตัวอย่างเต็มที่ทางกลับกัน ถ้าไม่ทำงานก็จะไม่หดตัวเลย ซึ่งเป็นไปตามกฎของ ออล ออ นัน (All-or-non law) เช่นในการเดินแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อบางส่วนที่ทำงาน แต่ทุกเส้นใยที่ทำงานจะหดตัวอย่างเต็มที่ โดยในการทำงานนั้น เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กที่สุดจะถูกกระตุ้นให้มีการหดตัวก่อน ตามทฤษฎีของขนาด (Size principle) ซึ่งโดยปกติเส้นใยชนิดที่ 1 ซึ่งหดตัวช้าจะทำงานก่อน หลังจากนั้นเมื่อความหนักของงานมากขึ้น เส้นใยที่มีขนาดใหญ่ (เส้นใยชนิดที่ 2) ซึ่งหดตัวได้เร็ว ก็จะถูกกระตุ้นให้ทำงานตามลำดับ ซึ่งการส่งสัญญาณประสาทที่มากระตุ้นกล้ามเนื้อจะถูกควบคุมโดยหน่วยยนต์ (Motor units) อีกทีหนึ่ง กล่าวคือถ้าความหนักของงานไม่มาก หน่วยยนต์ที่มีขนาดเล็กซึ่งส่วนใหญ่จะ

ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมนักกีฬาที่ต้องการพัฒนากล้ามเนื้อจึงควรฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการใช้แรงสูงสุด เพราะถ้าไม่มีการใช้แรงสูงสุด เส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกควบคุมโดยหน่วยยนต์ที่ส่งสัญญาณระดับสูงทำงาน (สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด, 2551)

2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ความเข้มของสี ความสามารถในการหดตัวที่ไม่เท่ากัน (Axen & Axen, 2001; Brown et al., 2006) สามารถแบ่งชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อออกได้เป็น ดังนี้

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type I fibers) เป็นเซลล์กล้ามเนื้อขนาดเล็กกว่าเซลล์กล้ามเนื้อชนิดอื่น มีสีที่แดงเข้ม เพราะว่ามีเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงเซลล์เป็นจำนวนมาก มีไมโอโกบิน (Myoglobin) สูง พลังงานที่กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวได้มาจากระบบเผาผลาญอาหารแบบแอโรบิกเป็นหลัก หรือการใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญ การหดตัวจะช้าได้มีความสามารถในการทนทานต่อความเมื่อยล้าได้ดี สามารถหดตัวได้อย่างต่อเนื่อง มีบทบาทสำคัญในการเล่นกีฬาที่ใช้ความอดทนสูง

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type IIb fibers) กล้ามเนื้อชนิดนี้มีคุณสมบัติต่างจากกล้ามเนื้อชนิดแรก เซลล์ของกล้ามเนื้อนั้นจะมีขนาดใหญ่กว่า มีสีที่ซีดจางกว่า เนื่องจากปริมาณของเส้นเลือดฝอยที่มาเลี้ยงเซลล์นั้นมีน้อยกว่าชนิดแรก เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการหดตัวได้มาจากการเผาผลาญแบบ (Anerobic metabolism) เป็นหลัก เซลล์กล้ามเนื้อนี้มีความสามารถในการหดตัวได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหมาะสมกับกีฬาที่ต้องการแรงและความเร็วในระยะเวลาอันสั้น

กล้ามเนื้อในแต่ละมัดประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อสองชนิดในสัดส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทำงาน และยังมีหลักฐานยืนยันว่าเส้นใยประสาทสั่งการ ที่ไปเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นตัวบ่งบอกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นชนิดหดตัวช้าหรือเร็ว โดยพบว่าหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จะมีหน่วยยนต์ขนาดใหญ่ และมีเส้นใยกล้ามเนื้อตั้งแต่ 300 ถึงมากกว่า 1,000 เส้น ในขณะที่หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะมีประสาทยนต์ขนาดเล็ก และมีเส้นใยกล้ามเนื้อ 10 ถึง 180 เส้น ดังนั้นการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์ขนิดที่หดตัวเร็ว จะเร็วแรงแรงกว่าการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ว่านักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาที่ใช้ความเร็วและพลังจะมีพันธุกรรมกำหนดให้มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ก็จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน

2.3 การหดตัวของกล้ามเนื้อ

สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด (2551) ได้กล่าวถึงชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. การหดตัวแบบไอโซโทนิค (Isotonic contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยการเพิ่มความตึงภายในกล้ามเนื้อระดับหนึ่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความตึงหรือความเครียดของกล้ามเนื้อ สามารถเรียกได้ว่าเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว การหดตัวแบบไอโซโทนิคแบ่งได้เป็น 2 ลักษะณะ คือ

1.1 การหดตัวแบบคอนเซ็นทริก (Concentric contraction) เป็นการหดตัวเข้าของกล้ามเนื้อ เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อสร้างแรง (Force) ได้มากกว่าแรงต้าน (Load) เช่น การยกน้ำหนักขึ้นในท่า bicep curl

1.2 การหดตัวแบบเอกเซ็นทริก (Eccentric contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการยืดออก เกิดขึ้นเมื่อมีการผ่อนน้ำหนักลงภายใต้การทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ช่วงผ่อนน้ำหนักลงในท่า bicep curl

2. การหดตัวแบบไอโซเมทริก (Isometric contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความตึงเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อ สามารถกล่าวได้ว่าเป็นการหดตัวแบบอยู่กับที่ (Static contraction) การหดตัวลักษณะนี้กล้ามเนื้อมีการสร้างแรงเท่ากับแรงต้าน เช่น การเอาฝ่ามือดันกำแพง เป็นต้น

3. การหดตัวแบบไอโซคิเนติค (Isokinetic) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความเร็วคงที่ตลอดมุมการเคลื่อนไหว และกล้ามเนื้อมีการหดตัวสูงสุดเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนไหว ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้จะไม่เกิด ขึ้นในการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายทั่วไป แต่จะเกิดขึ้นกับเครื่องฝึกและเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงที่เฉพาะ เช่น ไบโอเด็ก (Biodex) หรือการฝึกในน้ำนิ่งซึ่งจะมีแรงต้านและความเร็วคงที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

เมื่อกล้ามเนื้อลายถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาทผ่านทางนิวโรมัสคูล่าร์จังชั่น (Neuromuscular junction) หรือมอเตอร์เอนเพลท (Motor end plate) ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ จะทำให้เกิดการหลั่งสารแคลเซียมออกมาจากซาร์ โคลาสมิกเรติกคิวลัม (Sarcoplasmic reticulum) และไปจับกับโทรโปนินซี (Troponin C) ทำให้ตำแหน่งที่หัวของ ไมโอซินจะไปจับกับแอกตินบนโปรตีนเส้นใยบางเปิดออก จากนั้นจะเกิดการจับกันของหัวไมโอซินกับแอคตินเกิดครอสบริดส์และเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีที่หัวของไมโอซิน ไปเป็นพลังงานกลและพลังงานความร้อนภายใน ทำให้เกิดการเลื่อนของโปรตีนเส้นใยบางเข้าสู่แกนกลางของซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของ เซลล์กล้ามเนื้อส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวในที่สุด (ดรุณวรรณ สุขสม, 2552)

2.4 ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และ สิทธา พงษ์พิบูล (2554) ได้กล่าวว่าแหล่งต้นตอที่สำคัญของพลังงานที่ใช้ในการทำงานของร่างกาย คือ คาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน ซึ่งต้องการสารเคมีหลายอย่างที่

ทำให้เกิดปฏิกิริยาในทางชีวิเคมีได้อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต หรือเอทีพี (Adenosine triphosphate, ATP) เป็นสารสำคัญในการให้พลังงาน

แหล่งพลังงานขณะออกกำลังกาย กล้ามเนื้อมีแหล่งพลังงานอยู่ 3 ระบบ คือ

1. ระบบพลังงานทันที หรือระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen system or ATP - CP) ได้เอทีพีในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานพร้อมใช้ และครีอาทีนฟอสเฟต (Creatine phosphate, CP) หรือฟอสโฟครีอาทีน (Phosphocreatine, PCr) ที่เก็บสำรองไว้ในกล้ามเนื้อ เมื่อครีอาทีนแยกตัวออกจากฟอสเฟตจะได้เอทีพีเกิดขึ้นทดแทนที่ใช้ไปแล้ว การรวมตัวของเอทีพี และฟอสโฟครีอาทีน เรียกว่าเป็นระบบพลังงานฟอสฟาเจน (Phosphagen energy system) จะให้พลังงานสูงมาก ภายในเวลา 8-0 วินาที ซึ่งเพียงพอใช้ในวิ่งระยะสั้น 100 เมตรได้ ดังนั้นระบบพลังงานนี้ใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงานและความเร็วสูงในระยะเวลาที่สั้นมากประมาณไม่เกิน 30 วินาที และกล้ามเนื้อไม่ต้องใช้ออกซิเจน เช่น การยกน้ำหนัก การทุ่มน้ำหนัก และการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว

2. ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน หรือระบบไกลโครเจน-กรดแลคติก (Anaerobic /Glycogen-lactic acid system or anaerobic glycolysis) เป็นการใช้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ และกลูโคสในกระแสเลือด ซึ่งเป็นขั้นเริ่มต้นของไกลโคไลซีส (Glycolysis) เพิ่มกระบวนการในการแตกตัวของกลูโคส หรือไกลโคเจน ซึ่งเกิดขึ้นในไซโตพลาสซึมของเซลล์โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน กลูโคส 1 โมเลกุลแตกตัวเป็นไพลูวิก 2 โมเลกุล พลังงานเกิดขึ้น 4 เอทีพี ได้อย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาการแตกตัวของกลูโคส และไกลโคเจน ได้กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Lactic acid, LA) ในกล้ามเนื้อแล้วแพร่เข้ากระแสเลือดซึ่งเกิดขึ้นเร็วเป็น 2.5 เท่า ของระบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากๆ ในระยะเวลาสั้น หรือในเวลา 1-3 นาทีแรกของการออกกกำลังกาย เช่น วิ่งระยะ 400-800 เมตร เมื่อกรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อมากเกินกว่าระบบไหลเวียนเลือดจะกำจัดออกได้ทำให้รบกวนกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อและส่งผลให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) นอกจากนี้การออกกำลังกายอย่างหนักเป็นเวลานานโดยยังคงใช้ระบบไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen debt) หมายถึง ภาวะที่ร่างกายมีความต้องการพลังงานและออกซิเจนในปริมาณที่มากเกินกว่าระบบพลังงานจะให้ได้ การเป็นหนี้ออกซิเจนนี้จำเป็นต้องใช้คืนภายหลังการออกกำลังกายแล้ว และวิธีการที่สามารถทำได้ คือ การลดความหนักของการออกกำลังกายลง หรือหยุดทำกิจกรรม ระบบพลังงานชนิดนี้ยังไม่ใช่ระบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด

3. ระบบพลังงานใช้ออกซิเจน (Aerobic system or aerobic glycolysis) ไมโทคอนเดรียเป็นแหล่งผลิตพลังงานจากสารอาหารกลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโน หลังจากระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน และเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบใช้ออกซิเจนเพื่อจะนำออกซิเจนไปกล้ามเนื้อมากขึ้น ดังนั้นระบบพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมที่ออกแรงน้อย แต่ใช้เวลานานหลายนาที หรือหลายชั่วโมง เช่น วิ่งระยะ

ทางไกล วิ่งมาราธอนระบบพลังงานใช้ออกซิเจนจะใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ที่ทำให้พลังงานสำหรับการสร้างเอทีพีขึ้นมาใหม่ โดยระบบไหลเวียนเลือด และระบบหายใจจะต้องนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้ออย่างเพียงพอต่อการเผาผลาญอาหาร ระบบพลังงานชนิดนี้จึงทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในปริมาณไม่มาก ซึ่งทำให้นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลานานส่วนความสามารถในการออกกกำลังกายที่ระดับความหนักมากขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือเรียกว่า Maximum O2 uptake or O2 consumption, VO2max และแอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (Anaerobic threshold, AnT) จึงเป็นระบบที่มีการออกกำลังกาย หรือประกอบกิจกรรมต่างๆ ที่มีระยะเวลานานกว่า 2 นาทีถึงหลายชั่วโมง

Fleck and Kraemer (1987) ได้กล่าวว่า แหล่งพลังงานสุดท้ายที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ เอทีพี–ซีพี ซึ่งแหล่งพลังงานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. แหล่งพลังงานเอทีพี – ซีพี (ATP–CP energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ พร้อมที่จะให้พลังงานได้ในทันที และเป็นแหล่งพลังงานไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงานออกมา จึงเรียกว่า แหล่งพลังงานแอนแอโรบิก (Anaerobic source of energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่มีปริมาณจำกัด สามารถให้พลังงานได้ในเวลา 30 วินาที สามารถนำพลังงานมาใช้ได้ในทันทีเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นในปริมาณมากและในเวลาที่รวดเร็ว

ดังนั้น แหล่งพลังงานที่ใช้ในรูปแบบของกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาต่างๆ ในการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงาน เอทีพี–ซีพีนั้น จะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วหรือออกแรงอย่างมากในเวลาอันสั้น เอทีพี–ซีพี ก็จะหมดไป และเมื่อหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี–ซีพี ไว้ในกล้ามเนื้อตามระยะเวลา ดังนี้

การหยุดพัก 20 วินาที จะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 50%
การหยุดพัก 40 วินาที จะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 75%
การหยุดพัก 60 วินาที จะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 87% และ
การหยุดพัก 3-4 นาที จะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 100%

2. แหล่งพลังงานกรดแลคติก (Latic acid energy source) เป็นพลังงานที่ได้จากคาร์โบไฮเดรทที่สะสมอยู่ในรูปแบบของไกลโคเจน (Glycogen) ซึ่งไกลโคเจนจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลที่เรียกว่า กลูโคส เป็นกระบวนการให้พลังงานโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการปล่อยพลังงาน ผลที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการนี้คือเมื่อมีกรดแลคติกมากจะเป็นสาเหตุของอาการปวด และการเป็นตะคริวแหล่งพลังงานที่ได้จากกรดแลคติกจะมีปริมาณที่มากกว่าที่ได้จากแหล่งพลังงานจากเอทีพี–ซีพี แต่ไม่สามารถให้พลังงานในปริมาณที่มากและรวดเร็วเหมือนกับแหล่งพลังงานเอทีพี–ซีพี ได้ ดังนั้นแหล่งพลังงานกรดแลคติกจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาที่ใช้เวลาประมาณ 1–3 นาที

3. แหล่งพลังงานออกซิเจน (Oxygen energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการผลิตเอทีพี ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า แหล่งพลังงานแอโรบิก (Aerobic energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทและไขมัน ปริมาณเอทีพีทั้งหมดที่ร่างกายต้องการจะได้รับจากการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันประมาณหนึ่งในสาม และเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทประมาณสองในสาม เมื่อออกกำลังกายร่างกายจะเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่จะมีการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันลดลงเรื่อยๆ เช่นกัน

แหล่งพลังงานนี้ จะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายได้รับและที่ร่างกายนำไปใช้ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานอีกสองชนิดแล้วแหล่งพลังงานชนิดนี้จะให้พลังงานช้าที่สุด ดังนั้นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ที่ใช้ระยะเวลานานๆ และมีความหนักในระดับต่ำและปริมาณที่ไม่จำกัดเท่าที่ยังมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท และไขมันอยู่

3.ระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้กล่าวว่า ระบบการควบคุมการเคลื่อนไหวเป็นระบบที่สำคัญของระบบประสาทสั่งการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวควบคู่กันไประบบนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ควบคุมโดยระบบส่วนกลาง ประกอบด้วยระบบพีรามิดดัล (Pyramidal System) และระบบเอ็กซ์ตร้าพีรามิดดัล (Extrapyramidal System)

2. ควบคุมโดยระบบรีเฟล็กซ์ มีตัวรับความรู้สึกบริเวณผิวหนัง กล้ามเนื้อ เส้นเอ็น ข้อต่อ เวสติบูล่า ออแกน ฯลฯ ส่งกระแสประสาทเข้าสู่ศูนย์กลางในไขสันหลังและก้านสมองในการกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์ในการควบคุมการทรงตัวขึ้นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนขึ้นไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การควบคุมการเคลื่อนไหว โดยแต่ละส่วนของระบบประสาทส่วนกลาง ต้องได้รับข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกที่ส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เคลื่อนไหวเพื่อใช้ควบคุมศูนย์กลางให้ถูกต้องแม่นยำ เช่น จากการมองเห็น อวัยวะรับรู้สมดุล ฯลฯ สมองจะนำข้อมูลนั้นไปควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องตลอดการเคลื่อนไหว เพื่อให้การเคลื่อนไหวทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ตลอดเวลา ส่วนการเคลื่อนไหวที่ ควบคุมโดยรีเฟล็กซ์ซึ่งมีส่วนรับความรู้สึกจากผิวหนัง กล้ามเนื้อ เส้นเอ็น และข้อต่อ จะส่งสัญญาณ ประสาทเข้าศูนย์กลางไปยังก้านสมองและไขสันหลังกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์ในการควบคุมการทรงตัวเมื่อ ระบบรับความรู้สึกจากมัสเซิล สปินเดิล (Muscle Spindle) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อรับความรู้สึกจะไปกระตุ้น ปลายประสาทเพื่อนำสัญญาณคลื่นประสาทไปกระตุ้นแอลฟามอเตอร์นิวรอนของกล้ามเนื้อส่วน เอ็กตราฟิวชัส (Extrafusal Muscle Fiber) ในกล้ามเนื้อมัดนั้นทำให้

กล้ามเนื้อมัดนั้นหดตัวขณะเดียวกัน สัญญาณจากตัวรับรู้การยืดของกล้ามเนื้อประเภทยับยั้งจะไปยับยั้งกล้ามเนื้อกลุ่มตรงกันข้ามให้คลายตัว จึงเกิดการเคลื่อนไหวไปในทิศทางหนึ่ง โดยไม่ถูกต่อต้าน

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวไว้ว่า การเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อเป็นส่วนที่ทำให้หน้าที่ในการเคลื่อนไหวอยู่ในความ ควบคุมของระบบประสาทที่ทำหน้าที่สั่งงาน เพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานตามภาวะต่างๆ การเคลื่อนไหว ของร่างกาย จึงเกิดจากการที่กล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้น โดยได้รับคำสั่งจากสมอง ซึ่งเป็นส่วนที่ทำ หน้าที่ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้กล้ามเนื้อทำงานกันตามหน้าที่ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อจึงทำงานประสานกันอย่างต่อเนื่อง การเคลื่อนไหวของร่างกายนั้นเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ได้รับการกระตุ้นโดยไขสันหลังจะได้รับคำสั่งจากสมองและไขสันหลังที่ศูนย์สั่งการ จะสั่งการไปยังกล้ามเนื้อบริเวณที่ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า ที่มากระทบร่างกาย แล้วส่งกระแส ความรู้สึกนั้นไปยังไขสันหลังบริเวณด้านหลัง การเคลื่อนไหวในการออกกำลังกายในระยะต้นอยู่ใต้ อำนาจจิตใจ ซึ่งมาจากสมองที่อยู่ใต้สมองใหญ่ คือสมองน้อย (Cerebellum) เป็นบริเวณสมองที่ทำหน้าที่นึกคิดเพื่อออกกำลังกาย แล้วส่งไปส่วนบน (Upper Motor Neuron) เป็นตัวส่งพลังประสาท ผ่านตรงมายังเซลล์ประสาทส่วนล่าง (Lower Motor Neuron) ซึ่งอยู่ที่ไขสันหลังด้วย ในระหว่าง ปฏิบัติกิจกรรม ระบบประสาทส่วนกลางจะรับแรงกระตุ้นตลอดเวลา เพื่อตอบสนองแรงกระตุ้นจากประสาทรับความรู้สึกของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ สมองน้อยกับศูนย์ประสาทจะรับรู้สภาพของ กล้ามเนื้อ และข้อต่อเพื่อลำดับขั้นการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องโดยอัตโนมัติ ซึ่งแรงกระตุ้นจากภายนอก ผ่านไปยังประสาทรับความรู้สึก (Afferent Nerve) ไปยังศูนย์ประสาทแล้วประสาทสั่งการ (Efferent Nerve) จะนำความรู้สึกหรือคำสั่งจากส่วนกลางไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย หรือกล้ามเนื้อโดยซีรีเบลลัมจะส่งสัญญาณให้กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน (Agonist) ทำงาน และกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonist) ถูกยับยั้งให้ทำงานช้าลงและหยุดการเคลื่อนไหว ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสมดุลและการทรง ตัวที่เกิดจากการทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดของรีเซปเตอร์และซีรีเบลลัมในขณะฝึกปฏิบัติกิจกรรมสมอง นอกจากจะควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อแล้วยังทำหน้าที่เตรียมร่างกายให้พร้อม เพื่อปฏิบัติงานโดย การกระตุ้นระบบหายใจและไหลเวียนเลือดเพื่อการปฏิบัติงานด้วย ดังนั้น ในการฝึกกิจกรรมเพื่อให้ ระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทมีความสัมพันธ์กันดีในการทำงาน จึงควรให้มีการฝึกปฏิบัติที่ซ้ำๆ กันของระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ เพราะจะทำให้ระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อมีความ เคยชิน เกิดการเรียนรู้ปฏิบัติได้อย่างอัตโนมัติคล่องแคล่ว

3.1 ระบบประสาทรับความรู้สึกทางกาย

นภาพร สัญญะวงค์ และ นงนภัส เจริญพานิช (2561) ได้กล่าวว่าระบบประสาทรับความรู้สึกทางกาย หมายถึง การรับสัมผัสตำแหน่งและอัตราการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยอาศัยตัวรับสัญญาณประสาทส่วนปลายจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น

- ตัวรับความรู้สึกที่ข้อต่อ (Joint Sense) เป็นตัวรับสัญญาณที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มรอบๆข้อต่อ (Joint Capsule) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณการรับรู้ร่วมกัน มีการรับความรู้สึกเมื่อข้อต่อมีการเคลื่อนไหวแบบเต็มที่เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหว และรับสัญญาณเมื่อเกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วย กล่าวคือ Joint receptors จะรับรู้องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อในมุมการเคลื่อนไหวต่างๆ

- ตัวรับความรู้สึกที่กล้ามเนื้อ (Muscle Spindle) เป็นตัวรับสัญญาณที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อลายทำหน้าที่รับรู้ความยาวของกล้ามเนื้อขณะอยู่นิ่ง และการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว

- ตัวรับความรู้สึกที่เส้นเอ็น (Golgi Tendon Organs) เป็นตัวรับสัญญาณที่อยู่บริเวณรอยต่อของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Muscle Tendon) มีหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงแรงตึงของกล้ามเนื้อ ทั้งการยืดตัวและหดตัวของกล้ามเนื้อ

- ตัวรับความรู้สึกที่ผิวหนัง (Cutaneous Receptors) เป็นตัวรับความรู้สึกที่อยู่ภายในชั้นผิวหนังทำหน้าที่ในการรับรู้สัญญาณประสาทได้ 3 รูปแบบ คือ ตัวรับความรู้สึกที่เป็นกลไกล (Mechanoreceptors) ตัวรับรู้อุณหภูมิ (Thermoreceptors) และตัวรับความรู้สึกเจ็บ (Nociceptors)

4.สมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) หมายถึง สภาวะของร่างกายที่อยู่ในสภาพที่ดีเพื่อช่วยให้บุคคลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดอัตราเสี่ยงของปัญหาสุขภาพที่เป็นสาเหตุจากการออกกำลังกายสร้างความสมบูรณ์และแข็งแรงของร่างกายในการเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายได้อย่างหลากหลาย บุคคลที่มีสมรรถภาพทางกายดีจะสามารถปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันการออกกำลังกาย การเล่นกีฬา และการแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างดี สมรรถภาพทางกายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related physical fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness) (สุพิตร สมาหิโต, 2549)

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness) ได้แก่

1. ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวไปสู่เป้าหมายที่ต้องการโดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุดซึ่งกล้ามเนื้อจะต้องออกแรงและหดตัวด้วยความเร็วสูง

2. พลังของกล้ามเนื้อ (Muscle power) หมายถึงความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานโดยการออกแรงสูงสุดในช่วงที่สั้นที่สุด ซึ่งต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วเป็นองค์ประกอบหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถของร่างกายและส่วนต่างๆ ของร่างกายที่สามารถเปลี่ยนทิศทางและเคลื่อนที่ โดยไม่เสียการทรงตัว ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ในกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจง

4. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการควบคุมและรักษาตำแหน่งท่าทางของร่างกายให้อยู่ในลักษณะตามที่ต้องการได้ ทั้งขณะอยู่กับที่หรือในขณะที่มีการเคลื่อนไหว

5. เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) หมายถึง ระยะเวลาที่เร็วที่สุดที่ร่างกายมีการตอบสนองหลังจากที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งเป็นความสามารถของระบบประสาทเมื่อรับรู้การถูกกระตุ้นแล้วสามารถสั่งการให้อวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวให้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

6. การทำงานที่ประสานกัน (Coordination) หมายถึง ความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถที่จะปฏิบัติกิจกรรมทางกลไกที่สลับซับซ้อนในเวลาเดียวกันอย่างราบรื่นและแม่นยำ

Sharkey and Gaskill (2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของกีฬาทุกชนิดเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ ได้เสนอความสัมพันธ์ของงาน (Work) กับความแข็งแรง (Strength) และอัตราเร็ว (Velocity) ไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

$$\text{Power} = \text{Work}/\text{Time}$$

$$\text{Velocity} = \text{Distance}/\text{Time}$$

ดังนั้น

$$\text{Power} = (\text{Force} \times \text{Distance})/\text{Time}$$

หรือ

$$\text{Power} = \text{Strength} \times \text{Velocity}$$

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle Endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความเมื่อยล้า หรือเมื่อยล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความทนทานของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับความต้องการของแต่ละกีฬา

3.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำ จำเป็นต้องการพลังงานความทนทานของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) กีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเลย์บอล บาสเกตบอล แบดมินตัน เป็นต้น ต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (Short put) เช่น การเตะฟุตบอล จังหวะการตีลูกเทนนิส ต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance)

4. ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว (Reaction time, Quickness and Speed)

4.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเลย์บอลที่มีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก เช่นเดียวกับกีฬาเทนนิสที่ต้องใช้ความไวเหมือนกัน

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดีเพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกลไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง และความไวต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

5. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียสมดุล ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ การทรงตัวแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ

5.1 การทรงตัวขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static Balance)

6. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะยืดออกและหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว

7. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change direction) ในตำแหน่งที่ยืนอยู่ไปยังตำแหน่งที่ได้เปรียบในการแข่งขัน การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ พลังความทนทานของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น จะส่งผลทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นตามไปด้วย

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) กล่าวว่าความคล่องแคล่วว่องไว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวได้ในระยะสั้นที่สุด เป็นการทำงานของความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ซึ่งทำหน้าที่ประสานงานกันได้อย่างดีมีปฏิกิริยารับรู้และตอบสนองอย่างรวดเร็ว และสามารถเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวเปลี่ยนทิศทางได้อย่างรวดเร็ว

การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว มีองค์ประกอบดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power)
2. การประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Co-ordination)
3. ความอ่อนตัว (flexibility)
4. ความเร็ว (Speed)

5.การกระตุ้นกล้ามเนื้อ

การกระตุ้นกล้ามเนื้อ คือ การฝึกก่อนการแข่งขัน โดยมีความหนักใกล้เคียงกับการแข่งขันของนักกีฬา (Bishop, 2003a) นอกจากนี้ วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร (2537) กล่าวว่า การกระตุ้น จะต้องทำให้ร่างกายค่อยๆ ปรับตัวให้เข้ากับสภาวะที่ร่างกายทำงานหนัก ท่าที่ใช้ต้องง่าย ไม่ทำให้เมื่อยล้าในขณะทำการกระตุ้น

ถาวร กมุทศรี (2560) กล่าวว่าการกระตุ้นร่างกาย คือการกระตุ้นการทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกายให้พร้อมที่จะทำงานในช่วงเวลาฝึกซ้อมหรือแข่งขันที่ร่างกายจะต้องออกแรงเคลื่อนไหวหนักขึ้นและระบบการทำงานร่างกายที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง ประกอบไปด้วย

1. ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ (Cardiorespiratory System)
2. ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular System)
3. ระบบพลังงาน (Energy System)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบการทำงานทั้ง 3 ระบบ มีบทบาทหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะการปฏิบัติเทคนิค ทักษะ ของแต่ละชนิดกีฬา ดังนั้นนักกีฬาที่ได้รับการกระตุ้นอย่างถูกต้องเหมาะสมตามขั้นตอนจะส่งผลต่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการออกแรงเคลื่อนไหวจะทำได้อย่างเต็มที่ เมื่อปฏิบัติอย่างถูกต้องจะมีผลต่อการตอบสนองของร่างกายใน 2 ด้าน โดยสรุปคือ 1) ด้านร่างกาย การกระตุ้นทำให้ระบบการทำงานของร่างกายได้รับการกระตุ้นให้มีความพร้อมที่จะทำงานหนักหรือสูงขึ้นไว้รองรับการทำงานด้วยความเร็วหรือหนักขึ้นในขณะเล่นกีฬา โดยปรับตัวได้อย่างรวดเร็วสอดคล้องกับกิจกรรมเคลื่อนไหวของร่างกายที่จะเกิดขึ้น 2) ด้านจิตใจ การกระตุ้นที่ปฏิบัติตามจังหวะเวลาและมีความสมบูรณ์ตามขั้นตอนเป็นผลทำให้นักกีฬามีความพร้อมทางด้านจิตใจ มีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น ช่วยกระตุ้นให้จิตใจมีความพร้อมที่จะออกกำลังกายลดเวลาปฏิกิริยาของประสาทสั่งการ ระบบประสาทและกลไกการทำงานของร่างกาย กล้ามเนื้อเป็นไปอย่างราบรื่นเหมาะสม และผ่อนคลายความกดดันจากการฝึกซ้อม หรือแข่งขัน

เจริญ กระบวรรัตน์ (2548) กล่าวว่า การกระตุ้นหมายถึง กิจกรรมการเคลื่อนไหวที่หนักกว่าปกติ หรือทำให้ร่างกายต้องทำงานหนักขึ้น โดยเฉพาะงานยิ่งหนักมากขึ้นเท่าใดยิ่งต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นร่างกายต้องการได้รับอากาศมากขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจและอัตรา การหายใจจึงเพิ่มมากขึ้นตามความหนักของงานหรือกิจกรรมที่ทำ มีการเพิ่มอัตราการหายใจและไหลเวียนโลหิตรวมทั้งขบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) เพื่อผลิตพลังงานให้กับกล้ามเนื้อซึ่งร่างกายสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนี้ได้ โดยจะต้องค่อยเป็นค่อยไปและต่อเนื่องกันจนกระทั่งระบบการทำงานของอวัยวะในร่างกายสามารถปรับตัวได้ในที่สุด

การเคลื่อนไหวร่างกายในกิจกรรมที่ซับซ้อน และยากนั้น บางครั้งร่างกายใช้ปฏิกิริยาอัตโนมัติ (Conditioned Reflex) โดยที่เราไม่รู้ตัว ซึ่งปฏิกิริยาอัตโนมัตินี้จะใช้ไม่ได้ถ้าหากร่างกายเกิดต้อง ออกกำลังหรือทำงานหนักทันทีทันใด โดยที่มิได้มีการเตรียมตัวด้วยการกระตุ้นให้พร้อมก่อน ดังนั้นการที่จะทำให้ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายสามารถปฏิบัติงานได้อย่างดีนั้น จึงจำเป็นต้องมีการกระตุ้นก่อนทุกครั้ง

5.1 ประเภทของการกระตุ้น

ประเภทของการกระตุ้นสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทหลัก คือ

1. ทางตรง (Active) หมายถึง การเพิ่มอุณหภูมิร่างกายจากการกระทำด้วยตัวเองทุกขั้นตอน เช่น การออกกำลังกาย การวิ่ง ปั่นจักรยาน สามารถนำมาประยุกต์ได้หลายรูปแบบ

2. ทางอ้อม (Passive) หมายถึง การเพิ่มอุณหภูมิร่างกายจากแหล่งความร้อนภายนอก เช่น น้ำร้อน เจลร้อน การนวด การทาครีมหรือน้ำมันที่ช่วยทำให้เกิดความร้อนบริเวณผิวกายส่วนที่ทา

การกระตุ้นแบบทางตรงสามารถกระตุ้นระบบหัวใจ ระบบเผาผลาญและความแข็งแรงได้ดีกว่าแบบทางอ้อม (Bishop, 2003a; Takeuchi et al., 2021) เนื่องจากความร้อนจะอยู่เพียงแค่บริเวณผิวหนังแต่การกระตุ้นแบบทางตรงเกิดความร้อนจากภายในร่างกายและมีการทำงานของกล้ามเนื้อร่วมด้วยจึงเกิดกลไกในการเพิ่มสมรรถภาพทางกายที่มากกว่า

5.2 กลไกการกระตุ้น

การกระตุ้นส่งผลต่อสมรรถภาพในด้านต่างๆ โดยส่วนใหญ่มากจากกลไกที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังได้รับการแนะนำว่าการกระตุ้นอาจช่วยเพิ่มการใช้ออกซิเจน ส่งผลให้การขาดออกซิเจนลดลง จึงสามารถรักษาความสามารถแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มากขึ้น

5.2.1 ผลของอุณหภูมิที่ส่งผลจากการกระตุ้น

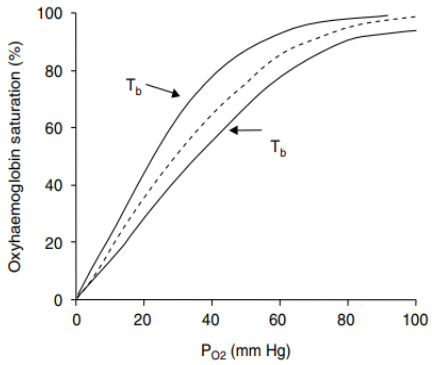
อุณหภูมิที่สูงขึ้นในสิ่งมีชีวิตสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานได้ (Asmussen & Boje, 1945) ผลของการกระตุ้นพบว่าเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะสามารถช่วยในเรื่องของสมรรถภาพด้วยการ ลดความหนืดของกล้ามเนื้อ เพิ่มการขนส่งออกซิเจนไปที่กล้ามเนื้อ เพิ่มความเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดทีฟ แต่ว่าอย่างไรก็ตามการเพิ่มของอุณหภูมิมากไปก็สามารถส่งผลที่ไม่ดีต่อสมรรถภาพได้เช่นกัน

5.2.1.1 ลดความหนืดของกล้ามเนื้อ (Decreased Viscous Resistance)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อสามารถลดความหนืดของกล้ามเนื้อและข้อต่อ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยมีการศึกษาพบว่าสามารถลดความหนืดของข้อต่อมือในมนุษย์ได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Wright & Johns, 1961) ทั้งยังสามารถลดความตึงของเส้นใยกล้ามเนื้อระหว่างการหดตัวได้ด้วย (Buchthal et al., 1944)

5.2.1.2 เพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ส่งไปที่กล้ามเนื้อ (Increased Oxygen Delivery to Muscles)

มีการกล่าวว่าสมรรถภาพสามารถดีขึ้นได้เมื่อมีการขนส่งออกซิเจนไปที่กล้ามเนื้อมากขึ้น ผ่านทางฮีโมโกลบินและการขยายตัวของหลอดเลือดฝอยบริเวณกล้ามเนื้อทำให้เพิ่มการไหลของเลือด จากงานวิจัย พบว่าฮีโมโกลบินที่ความดันออกซิเจน 30 มิลลิเมตรปรอท มีการปล่อยออกซิเจนที่มากขึ้นถึงสองเท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 36 องศาเซลเซียสเป็น 41 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลของการเปลี่ยนอุณหภูมิของเลือด (Tb) ต่อ โค้งของการปล่อยออกซิเจนจาก oxyhemoglobin Po2 = ความดันของออกซิเจน

ที่มา : (Bishop, 2003a)

5.2.1.3 เพิ่มอัตราการส่งของกระแสประสาท (Increased Nerve Conduction Rate)

การเพิ่มของอุณหภูมิยังส่งผลดีต่อสมรรถภาพโดยการเพิ่มการทำงานของระบบประสาท Karvonen (1992) ได้กล่าวไว้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิช่วยทำให้ระบบประสาทส่วนกลางทำงานได้ดีขึ้น เพิ่มความเร็วของการส่งกระแสประสาท สอดคล้องกับ (Fletcher & Jones, 2004) พบว่าการกระตุ้นสามารถเพิ่มความสามารถของตัวรับกระแสประสาทได้ ซึ่งการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับกิจกรรมที่มีความซับซ้อนของการเคลื่อนไหวหรือการตอบสนองที่รวดเร็วจากการมีสิ่งเร้าที่หลากหลาย

5.2.2 โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Postactivation Potentiation)

คำว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Postactivation Potentiation หรือ PAP) หมายถึง ผลฉับพลันของการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายบางอย่าง การกระตุ้นนี้สามารถเพิ่มความสามารถที่เกี่ยวของกับสมรรถภาพแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ เช่น การกระโดด การวิ่งสปริ้นท์ การเตะ การขว้าง (Docherty et al., 2004) โดยวิธีการกระตุ้นนั้นมีตัวอย่างเช่น การกระโดด การวิ่งสปริ้นท์ การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน เป็นต้น วิธีเหล่านี้สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถภาพแบบเฉพาะเจาะจงได้ โดยการเพิ่มความสามารถการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีงานวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มพลัง (Power) ของร่างกายส่วนล่างโดยการทำการกระโดด (Creekmur et al., 2017; Margaritopoulos et al., 2015) ซึ่งกลไกการเกิด PAP เกิดจากการตอบสนองของสรีระทางระบบประสาททั้งภายในและภายนอกกล้ามเนื้อ จึงมีหลายทฤษฎีที่อาจจะส่งผลต่อ PAP แต่มี 3 ทฤษฎีที่คาดว่าส่งผลมากที่สุดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- เพิ่มการตอบสนองต่อแคลเซียมไอออนของแอคโต-ไมโอซิน (Blazevich & Babault, 2019)

- เพิ่มการสั่งการจากหน่วยประสาทสั่งการ (Hodgson et al., 2005)

- ลดมุมเพนเนชั่นของกล้ามเนื้อ (Pennation angle) (Tillin & Bishop, 2009)

5.2.3 ทำลายพันธะ แอคติน-ไมโอซิน (Breaking of Actin-Myosin Bonds)

คำอธิบายของความตึง (Stiffness) ของกล้ามเนื้อขณะพักอาจเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างแอคตินและไมโอซิน ที่ไม่ได้ทำการเคลื่อนไหว รวมกันจนเกิดความตึง แต่เมื่อมีกิจกรรมทางกายจะสามารถทำให้พันธะเหล่านี้สลายลงได้ด้วยการเคลื่อนไหวผ่านพิสัยของข้อต่อ (ROM) เมื่อความตึงของกล้ามเนื้อลดลงทำให้กล้ามเนื้อสามารถสร้างแรงได้มากขึ้น ในขณะที่การกระตุ้นสามารถลดความตึงของกล้ามเนื้อความตึงของกล้ามเนื้อจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นหลังจากที่กระตุ้นเสร็จแล้วเช่นกัน (Lakie & Robson, 1988)

5.3 พลัยโอเมตริก (Plyometric)

สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด (2551) กล่าวว่าพลัยโอเมตริกมีพื้นฐานมาจากวงจรการยืด-หดของกล้ามเนื้อ (Stretching-shortening Cycle) หรือรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch Reflex) ซึ่งกล้ามเนื้อจะมีการ (ยืดออก) หดตัวแบบเอกเซ็นทริก (Eccentric) ตามด้วยการ (หดสั้นเข้า) หดตัวแบบคอนเซ็นทริก (Concentric) อย่างฉับพลัน และผลของการทำงานแบบยืดออกอย่างรวดเร็ว จะก่อให้เกิดรีเฟล็กซ์ยืดหรือวงจรการยืด-หด ซึ่งเป็นผลที่ท้าให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบสั้นเข้าอย่างเต็มกำลัง

การทำงานของรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch Reflex) จะเป็นตัวกำหนดระดับการยืดของกล้ามเนื้อและจะป้องกันไม่ให้เส้นใยของกล้ามเนื้อมีการยืดออกมากเกินไป โดยอาศัยกลไกการทำงานของตัวรับความรู้สึกในกล้ามเนื้อ (Muscle spindle) ตัวรับความรู้สึกภายในกล้ามเนื้อจะรับรู้ถึงอัตราและขนาดของการยืดออกและประสาทรับความรู้สึกของตัวรับความรู้สึกภายในกล้ามเนื้อจะส่งสัญญาณประสาทไปยังประสาทสั่งการ (Motor neuron) ในประสาทไขสันหลัง (Spinal column) และ ประสาทสั่งการนี้เองจะเป็นตัวส่งสัญญาณประสาทมายังกล้ามเนื้อที่ยืดยาวออกให้มีการหดตัวกลับ เพื่อป้องกันการยืดยาวออกที่มากเกินและการบาดเจ็บ

จากที่ภายในกล้ามเนื้อประกอบด้วยองค์ประกอบที่ทำหน้าที่หดตัว (Contractile Element) ซึ่งเป็นใยกล้ามเนื้อ และส่วนที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการหดตัว (Non-contractile) แต่จะเป็นองค์ประกอบ ที่ทำหน้าที่ยืดหยุ่น (Elastic component) และเมื่อมีการยืดยาวออกขององค์ประกอบที่ทำหน้าที่ ยืดหยุ่นขณะที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกจะก่อให้เกิดพลังงานศักย์ (Potential Energy) เหมือนกับการทำงานของสปริง เมื่อพลังงานศักย์มีการปลดปล่อยจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังงานในการหดตัว ของเส้นใยกล้ามเนื้อ การทำงานลักษณะดังกล่าวจะพบได้ในการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก เมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกอย่างรวดเร็วองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ยืดหยุ่นจะมีการยืดยาว

ออก ดังนั้น จะมีการสะสมปริมาณของแรงในรูปพลังงานศักย์และปลดปล่อยพลังงานศักย์ที่สะสมไว้จะเกิดขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวสั้นเข้าซึ่งจะปล่อยออกมาในรูปของรีเฟล็กซ์ยืด

พลัยโอเมตริกจะแบ่งเป็น 3 ระยะ 1.กล้ามเนื้อยืดออก (Eccentric phase) 2.สะสมพลังงาน (Amortization phase) 3.กล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้า (Concentric phase) ซึ่งระยะสะสมพลังงานเป็นช่วงเวลาจากกล้ามเนื้อเริ่มต้นจากการทำงานแบบยืดออก (สัมผัสพื้น) ถึงเริ่มต้นการท้างานแบบหดสั้นเข้า (เริ่มต้นกระโดด) ผลของการทำงานแบบพลัยโอเมตริก ดังกล่าว กล้ามเนื้อขาจะมีการทำงานเหมือนกับยางยืดอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นผลให้มีพลังในการหดตัว ของกล้ามเนื้อมากขึ้น ทำนองเดียวกัน กล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกซ้อมจะมีความสามารถในการทำงาน แบบพลังระเบิดมากขึ้น ข้อดีที่ได้รับจากการรีเฟล็กซ์ยืดจะทำให้ระยะสะสมพลังงานสั้นลง จากการศึกษาในนักกีฬาประเภทกระโดดที่อาศัยการท้างานของกล้ามเนื้อแบบความเร็วแข็งแรง (Speed strength) จะพบว่าข้อเท้าของนักกีฬามีเวลาในการสัมผัสพื้นช่วงสั้นๆเพราะนักกีฬาจะมีความสามารถในการใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในระยะกล้ามเนื้อยืดออกและนำมาใช้ในระยะ กล้ามเนื้อหดสั้นเข้าอย่างไรก็ตามพลังงานศักย์ (Potential energy) ที่พัฒนาขึ้นในระยะแรกสามารถ สูญเสียไปได้ (ในรูปของพลังงานความร้อน) ถ้าการหดตัวแบบเอกเซ็นทริกไม่ตามด้วยการหดตัวแบบ คอนเซ็นทริกอย่างรวดเร็ว จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ต้องพึงระลึกไว้เสมอว่าอัตราความเร็วของการยืด ยาวออกจะมีความสำคัญมากกว่าขนาดของการยืดยาวออกเมื่อใช้เวลาการเคลื่อนไหวสั้นและรวดเร็ว พลังจะเพิ่มขึ้นมากกว่าการเคลื่อนไหวแบบนานและช้า โดยประโยชน์จากการทำพลัยโอเมตริกมีดังต่อไปนี้

1. ทำให้เกิดการรวมพลังกล้ามเนื้อที่มีปฏิกิริยาความเร็วและความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวในขณะเล่นกีฬาอย่างรวดเร็ว เช่น การกระโดด การเริ่มต้นออกวิ่ง การเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว

2. เกิดการระดมประสาทที่ทำหน้าที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อให้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานมากขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มความเร็วในการทำงานของระบบเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่สั่งงาน
ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อในรูปแบบนี้สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของวงจรพลัยโอเมตริก

ขั้นตอน	การทำงานของกล้ามเนื้อ	ลักษณะทางสรีรวิทยา
เอกเซ็นตริก	กล้ามเนื้อมัดที่ถูกทำงานถูกยืด	-มีการสะสมพลังงานเมื่อถูกยืดออก (Elastic energy) ในส่วนของกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติเป็นแบบอิลาสติก -ตัวรับรู้การยืดออกของเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือมัสเซิล สปินเดิลถูกกระตุ้น
อมอลติเซชั่น	ช่วงระหว่างระยะเปลี่ยนผ่านในการส่งสัญญาณระบบประสาทของขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2	มีการส่งสัญญาณผ่านเส้นประสาทไปยังไขสันหลัง และส่งสัญญาณสั่งการกลับมายังกล้ามเนื้อมัดที่ทำงาน
คอนเซ็นตริก	กล้ามเนื้อมัดที่ทำงานหดสั้น	-มีการถ่ายโอนพลังจากจังหวะที่มีการยืดตัวออกของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว -สัญญาณที่ส่งผ่านไปยังกล้ามเนื้อจะกระตุ้นกล้ามเนื้อมัดที่ทำงานให้มีการหดตัวออกแรง

ที่มา: (ถาวร กมุทศรี, 2560)

สรุปการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก

1. กล้ามเนื้อจะหดตัวอย่างเต็มแรงและรวดเร็วถ้ามีการยืดยาวออกก่อน
2. การยืดยาวออกก่อนอย่างรวดเร็วจะทำให้มีการหดสั้นเข้าอย่างเต็มกำลัง
3. สำหรับการปฏิบัติการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกควรได้รับการเรียนรู้เทคนิคที่ถูกต้อง
4. การลงสู่พื้นในการทำให้กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกก่อนสิ่งสำคัญต้องแน่ใจว่านักกีฬามีการ งอขา (แขน)
5. การหดตัวสั้นเข้าควรเกิดขึ้นทันทีหลังจากมีการยืดยาวออก
6. การเคลื่อนไหวจากระยะยืดยาวออกควรต่อเนื่องและรวดเร็วเท่าที่จะเป็นไปได้
7. การทำการฝึกซ้อมพลัยโอเมตริกจะเป็นผลทำให้มีการถ่ายโอนความแข็งแรงไปสู่แรงระเบิด

การกำหนดความหนัก (Intensity) และจำนวนครั้ง (Volume) ของการฝึกพลัยโอเมตริกจะขึ้นอยู่กับวิธีการออกกำลังกายและเปลี่ยนแปลงไปตามประสบการณ์การฝึกของนักกีฬา ดังตารางที่ 2 และ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แสดงการออกกำลังกายด้วยพลัยโอเมตริกของร่างกายส่วนล่างตามประสบการณ์ของนักกีฬา

Beginner	Intermediate	Advance
Squat jumps	Jump and reach	Depth jumps
Spilt squat jumps	Medial and lateral jumps	Box jumps
Bilateral mini jumps	Anterior and posterior jumps	Single leg hops
Skipping	Double leg tuck jumps	Single leg tuck jumps
Lateral bounding	Pike jumps	Drop jump to second box
Ankle bounces	Jumping to box	Squat depth jump
Shuffling	Zigzag jumps	
In place jumps	Side to side push off jumps	
Single leg push off box	Step from box	

ที่มา: (Davies et al., 2015)

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนครั้ง (เมื่อเท้าสัมผัสพื้น) ของของร่างกายส่วนล่างตามประสบการณ์ของนักกีฬา

Beginner	Intermediate	Advance
80-100	100-120	120-140

ที่มา: (Davies et al., 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 การกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteal Activation)

การกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกเริ่มแรกถูกพัฒนามาสำหรับการฟื้นฟูร่างกาย (Cambridge et al., 2012; Distefano et al, 2009) ด้วยท่าที่ง่ายและมีความหนักน้อย เช่น ท่านอนตะแคงข้างยกขา ท่า สควอท เป็นต้น เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อสะโพกให้มีการทำงานมากขึ้น ซึ่งกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างแรงระเบิดและการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง เช่น การวิ่ง สปริ้นท์ และการกระโดด (Mero & Komi, 1994)

Mesquita (Mesquita, 2015) กล่าวว่าสะโพกเป็นเป็นส่วนที่สร้างพลัง (Power) หลักของร่างกาย การมีการเคลื่อนไหวและความมั่นคงที่ดีของสะโพกเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายและลดการเกิดการบาดเจ็บได้ เป้าหมายคือไม่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าแต่เป็นการกระตุ้น และท่าที่ใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกยังสามารถกระตุ้นได้ทั้งร่างกายโดยเฉพาะส่วนแกนกลางลำตัวแต่จำเป็นที่จะต้องทำท่าให้ถูกต้อง และยางยืดวงเล็กเป็นตัวเลือกที่ดีในการเพิ่มแรงต้านภายนอกเพราะสามารถออกแบบได้ตามความต้องการของกิจกรรมที่จะทำต่อไป

Weineck (Weineck, 1990) อ้างใน (พัชรี วงษาสน และ สุทธิกร อาภานุกูล, 2551) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำเกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่างๆของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับ ดังนี้

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกประกอบด้วย

กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)

- กล้ามเนื้อแอ็คดัคเทอะ แมกนัส (Adductor magnus)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius)
- กล้ามเนื้อควอดราทัส ฟีมอริส (Quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดหัวเข่า

- กล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมมอรีส (Quadricep femoris)
- กล้ามเนื้อเทนเซอะ ฟาสเซีย ลาเท (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hullucis longus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ดิจิทอรัม ลองกัส (Flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

Weineck ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อ กลูเทียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะหยุด ในกลุ่มกล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอริส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด มีหน้าที่เหยียดเข่า ประกอบไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อวาสทัส อินเตอร์มีเดียส โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัสฟีมอริส ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่เหยียดสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด

จากข้อสรุปของ Weineck จะเห็นได้ว่า กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่แข็งแรงที่สุดและทำหน้าที่ในการเหยียดข้อสะโพก ในขณะวิ่ง ยกตัวจากท่าย่อตัวและในขณะหยุด ซึ่งเป็นท่าที่ใช้ในกีฬาฟุตซอลดังนั้นการกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มสมรรถภาพก่อนทำการแข่งขันกีฬา

Hamil and Knutzen (Hamil & Knutzen, 2009) อ้างใน (Nelson and Debeliso, 2014) ได้กล่าวว่ากล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หมุนเข้าและหมุนออกของข้อต่อสะโพกประกอบไปด้วย

- กล้ามเนื้อกล้ามเนื้อแอ็คดัคเทอะ ลองกัส (Adductor longus)
- กล้ามเนื้อแอ็คดัคเทอะ แมกนัส (Adductor magnus)
- กล้ามเนื้อไบเซป ฟีมอริส (Biceps femoris)
- กล้ามเนื้อจีมีรัส อินฟีเรีย (Gemellus inferior)
- กล้ามเนื้อจีมีรัส ซุปพีเรีย (Gemellus superior)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มินิมัส (Gluteus minimus)
- กล้ามเนื้อกลาซิลิส (Gracillis)
- กล้ามเนื้ออิลิคัส (Illiacus)
- กล้ามเนื้อออบทูเลเตอ เอ็กเทอนัส (Obturator externus)
- กล้ามเนื้อออบทูเลเตอ อินเทอนัส (Obturator internus)
- กล้ามเนื้อพิริฟอมัส (Piriformus)
- กล้ามเนื้อโฟแอส (Psoas)
- กล้ามเนื้อควอดดราทัส ฟีมอริส (Quadratus femoris)
- กล้ามเนื้อซาทอเรียส (Satorius)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมบราโนซัส (Semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- กล้ามเนื้อเทนเซอะ ฟาสเซีย ลาเท (Tensor fasciae latae)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.5 การกระตุ้นด้วยยางยืด

5.5.1 ความเป็นมาของยางยืด

กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) กล่าวถึงการฝึกแรงต้านด้วยยางยืด ว่าถูกนำมาใช้เพื่อฝึกทางด้านความแข็งแรงมานานมากกว่า 100 ปี โดยก่อน ค.ศ. 1901 มีการใช้แรงต้านด้วยยางยืด เรียกการออกกำลังกายแบบนี้ว่า ไวท์ลี เอ็กซ์เซอ์ไซส์ (Whitely exercise) เกิดขึ้นภายในเมืองชิคาโก รัฐอิลลินอยล์ประเทศสหรัฐอเมริกา การออกกำลังกายประเภทนี้ต้องการความแข็งแรงในเพศชาย รักษารูปร่างทรวดทรง ให้สวยงามในเพศหญิง และช่วยในด้านพัฒนาการของเด็กให้ดีขึ้น จึงมีบุคคลากรทางด้านการพัฒนาสมรรถภาพ ใช้แรงต้านด้วยยางยืด ทานด้านธุรกิจก็มีการค้ากันมากขึ้นในปี 1950 ซึ่งหนึ่งในนั้นรวมทั้ง การออกกำลังกายด้วยยางยืดไวท์ลีอิลาสติครับเบอร์(Whitely elastic rubber) และ เชือกกระโดด (Stretch rope) ที่ถูกคิดค้นโดย พลาเมอร์ (Palmer) ในเมืองคลีฟแลนด์ (Cleveland) รัฐ โอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 1960 และ 1970 มีการใช้แรงต้านด้วยยางยืดในการฝึกทางด้านความแข็งแรงเพื่อให้การรักษาฟื้นฟูและในกลุ่มผู้ฝึกสอนกีฬา โดยมาใช้ในกลุ่มที่ได้รับบาดเจ็บและรับการผ่าตัด กลุ่มที่ได้รับการบาดเจ็บจากการฝึกด้านความแข็งแรงและกลุ่มที่มีกล้ามเนื้ออ่อนแรง ต่อมาในปี 1978 นัก กายภาพบำบัดได้นำมาใช้ในการรักษาทางกายภาพบำบัดและได้จัดตั้งขึ้นในรูปแบบของบริษัทได้มีการพัฒนา และเรียกเป็น เทอร่าแบนด์ (Thera - band) โดยใช้สีเป็นตัวบอกถึงแรงต้านในอดีตการใช้แรงต้านด้วยยางยืด มักจะนำมาใช้ในการฟื้นฟูและเพื่อการพัฒนาในเรื่องสมรรถภาพซึ่งใช้กันเองที่บ้าน

5.5.2 แนวคิดและที่มาของการออกกำลังกายด้วยยางยืด

เจริญ กระบวนรัตน์ (2550) กล่าวว่าโดยทั่วไปเราทุกคนต่างยอมรับและทราบดีกว่าการออกกำลังกายให้คุณค่าและมีประโยชน์ต่อสุขภาพแต่ในทางปฏิบัติคนส่วนใหญ่มักจะอ้างว่าไม่มีเวลาไม่มีสถานที่รวมทั้งไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการออกกำลังกายดังนั้นการที่จะสนับสนุนและกระตุ้นให้คนเหล่านั้นหันมาใส่ใจกับสุขภาพของตนเองด้วยการออกกำลังกายจึงควรพิจารณาถึงสิ่งที่เอื้อและอำนวยประโยชน์ให้ทุกคนสามารถออกกำลังกายได้อย่างสะดวกในทุกสถานที่และทุกช่วงเวลาที่มีโอกาสหรือต้องการออกกำลังกายโดยสามารถจัดหาหรือประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่รอบตัวนำมาประกอบเป็นเครื่องมือในการออกกำลังกายได้อย่างกลมกลืนและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมความต้องการตลอดจนวิถีการดำรงชีวิตของตนเอง

ยางยืดจึงเป็นหนึ่งในแนวคิดที่ถูกนำมาประยุกต์ดัดแปลงใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับออกกำลังกายเพื่อช่วยพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อซึ่งสามารถพกพาหรือนำติดตัวไปใช้ประกอบการออกกำลังกายได้ทุกสถานที่และทุกช่วงเวลาแม้จะมีเวลาเพียงช่วงสั้นๆไม่กี่นาทีก็สามารถที่จะออกกำลังกายหรือ บริหารร่างกายได้ทุกส่วนหรือเฉพาะส่วนที่ต้องการช่วยกระตุ้นให้เกิดการไหลเวียนเลือดและเผาผลาญไขมันในร่างกายทำให้กล้ามเนื้อตึงตัวกระชับได้รูปทรงและมีสัดส่วน

สวยงามแข็งแรงจนเป็นที่ยอมรับแพร่หลายในบุคคลทุกเพศทุกวัยในปัจจุบันซึ่งกิจกรรมหรือรูปแบบการออกกำลังกายด้วยยางยืดนี้ได้รับรางวัล “การส่งเสริมสุขภาพดีเด่นระดับชาติ” หรือ “Health Promotion Award” จากการะทรวงสาธารณสุขในปี พ.ศ. 2546 นับเป็นวัตกรรมที่สามารถนำไปในการออกกำลังกายเพื่อการบำบัดรักษาฟื้นฟูสภาพร่างกายและพัฒนาสร้างเสริมสุขภาพร่างกายให้แข็งแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกทั้งเป็นอุปกรณ์การออกกำลังกายที่สะดวกประหยัดสามารถจัดทำได้ด้วยตนเองนอกจากนี้ยังสะดวกต่อการนำติดตัวหรือพกพาเพื่อนำไปใช้ประกอบการออกกำลังกายได้ทุกสถานที่และทุกเวลาที่ต้องการ

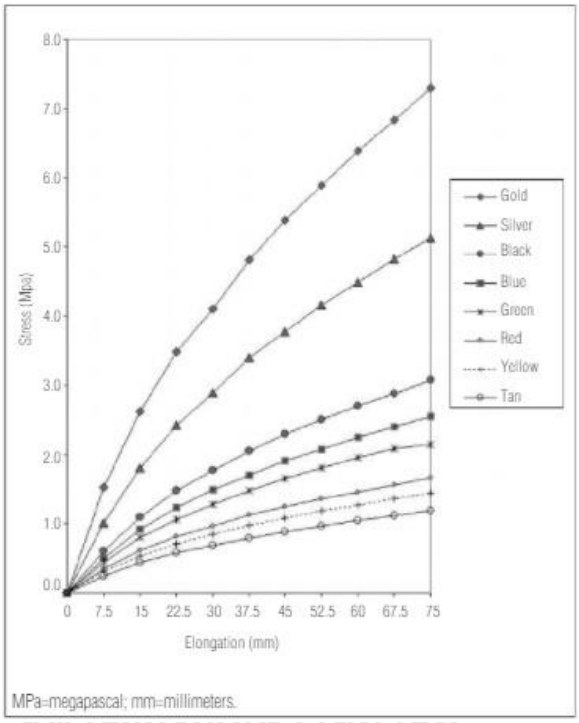
5.5.3 คุณสมบัติของยางยืด

ยางยืด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการกีฬาและทางการแพทย์เพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาและใช้ในการฟื้นฟูและรักษาผู้ป่วย ซึ่งยางยืดที่ใช้นั้นเป็นที่รู้จักกันในหลายลักษณะไม่ว่าจะเป็นยางยืดแบบวง (Loop band) ยางยืดแบบท่อ (Elastic tube) ยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยางยืดนั้นมีแรงดึงและปฏิกิริยาสะท้อนกลับ (Stretch reflex) ในขณะที่ยางยืดถูกดึงให้ยืดออก ที่ช่วยกระตุ้นระบบประสาทรับรู้และสั่งงานของกล้ามเนื้อต่อแรงดึงของยางที่กำลังถูกยืด เป็นผลดีต่อการทำงานอย่างประสานกันระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2550) แรงต้านของยางยืดจะเพิ่มขึ้นตามความยาวที่ถูกยืดออก แรงต้านทานนี้จะทำให้จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่ออกแรงถูกระดมมาใช้มากขึ้นด้วย การใช้ยางยืดยังสามารถใช้งานเพียงมุมๆ เดียว หรือหลายๆ มุมพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกันได้ และอุปกรณ์ยางยืดไม่จำเป็นต้องอาศัยแรงโน้มถ่วงทำให้มีรูปแบบและทิศทางที่เคลื่อนไหวที่หลากหลาย เช่น จากซ้ายไปขวา จากบนลงล่าง

นอกจากนี้ยางยืดยังสามารถเร่งให้เกิดแรงในช่วงที่งานเป็นลบของการยกแต่ละครั้ง เนื่องจากแรงต้านจากยางยืดจะเพิ่มความเร็วในการหดตัวคืน ซึ่งหมายความว่าจำเป็นที่จะต้องออกแรงที่มากในการหยุดแรงต้านในการดึงคืนของยางยืด กล่าวคือ ยิ่งเราต้องออกแรงต้านมากขึ้นเท่าไหร่ ผลรวมของเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะถูกระดมมาใช้มากยิ่งขึ้นในการกระทำนั้น ยางยืดจะทำให้เกิดแรงต้านจากแรงคืนสู่สภาพเดิม (Restoring force) ซึ่งเป็นแรงพยายามจะเคลื่อนให้ปลายทั้งสองข้างของยางยืดกลับมาสู่ตำแหน่งระยะพักในตอนเริ่มต้น (Original resting positions) เมื่อมีการดึงของปลายทั้งสองข้าง เพราะฉะนั้นยิ่งมีการดึงยางยืดมากเท่าไหร่ก็จะยิ่งมีแรงต้านเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

Mcmaster (2010) ได้อธิบายการเกิดแรงต้านของยางยืดโดยใช้คุณสมบัติการเสียรูปภายใต้แรงกระทำในช่วงยืดหยุ่นของยางยืด (Stiffness properties) ซึ่งคุณสมบัตินี้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุต่างๆ ซึ่งยางยืดเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติการคืนรูป (ความยาวเดิม) เมื่อปลดแรงกระทำออกดังนั้นเมื่อนักกีฬาฝึกโดยมีการยืดออกของยางก็จะเกิดคุณสมบัติการคืนรูปของยางจะพยายามดึงกลับเข้าสู่ความยาวเดิม ทำให้เกิดแรงต้านที่นักกีฬาพยายามเอาชนะแรงนั้นจึงเกิดการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

โดยการสร้างแรงต้านจากยางยืด มีความสอดคล้องและสามารถอธิบายเชิงปริมาณได้โดยแรงสามารถถูกกำหนดโดยการรับรู้ถึงเปอร์เซ็นต์การยืด เช่น ยางยืดสามารถยืดออกได้ 100% (2 เท่าของความยาวขณะพัก) ยางยืดแต่ละสีจะให้แรงต้นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งแรงของยางยืดขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงจากความยาวเช่นยางยืดมีความยาว 1 ฟุต จากนั้นถูกยืดออกไป 2 ฟุต (มีการยืดตัว 100%) จะเกิดแรงต้านเท่ากับ ยางยืดที่มีความยาว 2 ฟุต ถูกยืดไปถึง 4 ฟุต จะมีความหนักที่เท่ากันในชนิดสีเดียวกัน ดังรูปที่ 2



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2 กราฟแสดงแรงต้านต่อความยาวที่เพิ่มขึ้นของยางยืดยี่ห้อ thera-Band™
ที่มา: (Santos et al., 2009)

5.5.4 การกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยยางยืด

ปัจจุบันมีการนำยางยืด (Mini-band) มาใช้เพิ่มการกระตุ้นกล้ามเนื้อ เพราะว่ามีน้ำหนักเบาขนาดเล็ก พกพาสะดวก ราคาไม่สูงมาก สะดวกในการใช้ภาคสนาม (Uchida et al., 2016 ; Santos et al, 2009) จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่ายางยืด (Mini-band) สามารถกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางให้ส่งกระแสประสาทมาที่กล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกมากขึ้น (Cambridge et al., 2012 ; Foley et al., 2017 ; Reece et al., 2020) ในขณะที่ทำท่าทางการออกกำลังกาย เช่น ท่า Squat ท่า Monster walk ซึ่งเป็นท่าที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกในการเคลื่อนไหวเป็นหลัก ซึ่งสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดและความสามารถในการวิ่งให้เร็วขึ้นได้ (Pinfold et al., 2018) และการใส่ยางยืด

(Mini-band) จะใส่ที่บริเวณ หัวเข่า ข้อเท้า และเท้า ซึ่งสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อสะโพกได้ทั้งสามบริเวณและการใส่ที่เท้าจะเป็นระดับที่กระตุ้นการทำงานได้มากที่สุด (Cambridge et al., 2012) และการใช้อุปกรณ์ยางยืด (Mini-band) บริเวณเข่าจำเป็นที่จะต้องให้ผู้ที่ใช้อุปกรณ์ ทำการควบคุมหัวเข่าให้อยู่ในมุมเริ่มต้นไม่ให้หัวเข่าหมุนเข้าด้านในเนื่องจากเมื่อหัวเข่ามีการหมุนเข้าขณะออกกำลังกายเป็นการเพิ่มความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ (Foley et al., 2017) และการใส่ที่บริเวณข้อเท้าก็จะทำให้ต้องใช้การควบคุมร่างกายและเพิ่มโอกาสให้เกิดการบาดเจ็บมากขึ้นในการออกกำลังกายด้วยการกระโดด (Dai et al., 2014)

6.วิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

ทรงเดช สิงห์ชู และ คณะ (2558) ได้ทำการศึกษาผลแบบฉับพลันปรากฏการณ์ โพสต์แอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ที่มีต่อพลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลชาย อายุระหว่าง 19-21 ปี จำนวน 15 คน กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะทำการอบอุ่นร่างกายโดยใช้เทคนิคโพสต์แอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ รูปแบบแรงต้านท่า back squat รูปแบบพลัยโอเมตริกท่า double leg tuck jump และรูปแบบคอมเพล็กซ์ แล้วทำการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา ความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไวทันที ผลวิจัยพบว่า พลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ภายหลังการอบอุ่นร่างกายด้วยเทคนิคทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าทั้งสามรูปแบบสามารถทำให้พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นได้

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Burkett et al. (2005) ได้ทำการศึกษาผลของการกระตุ้นร่างกายต่อความสามารถการกระโดดในนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 29 คน ด้วยการกระโดด (1) กระโดดด้วยท่าเค้าเตอร์มูฟเม้นท์จั๊มพ์ (2) กระโดดด้วยท่าเค้าเตอร์มูฟเม้นท์จั๊มพ์พร้อมถือดัมเบลล์ (Dumbbells) ด้วยมือทั้งสองข้างน้ำหนัก 10% ของน้ำหนักตัว (3) กระตุ้นด้วยการยืดเหยียดค้างไว้ท่าละ 20 วินาที (4) ไม่ทำการกระตุ้น ทำการทดสอบด้วยการทำท่าเค้าเตอร์มูฟเม้นท์จั๊มพ์ 3 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่าการกระตุ้นทั้งสามแต่การกระโดดพร้อมถือดัมเบลล์เพิ่มได้มากที่สุดแบบสามารถเพิ่มความสูงของการกระโดดได้

Cambridge et al. (2012) ทำการศึกษาผลของตำแหน่งการใส่ยางยืดต่อการกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกด้วยการออกกำลังกายสองรูปแบบ ในผู้มีสุขภาพดีจำนวน 9 คน เพศชาย ตำแหน่งที่ใส่ยางยืดมี 3 ตำแหน่งคือ หัวเข่า ข้อเท้า และเท้า ด้วยการทำท่า Monster Walks และ Sumo

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Walks ผลการศึกษาพบว่าสามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อก้นได้โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกลูเตียสมีเดียส แต่จะสามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อกลูเทียสแมกซิมัสได้ดีที่สุดเมื่อใส่ที่เท้า

Christensen et al. (2020) ได้ทำการศึกษาผลของการกระตุ้นร่างกายด้วยการยืดเหยียดแบบค้าง ยางยืดวงเล็ก เมดิซินบอล และการวิ่งจ๊อกกิ้งแบบเบา ต่อสมรรถภาพในนักกีฬาฟุตบอลหญิงระดับมหาวิทยาลัย ทำการทดสอบการกระโดดสูง การโยนเมดิซินบอล การวิ่งสปริ้นท์ 10 เมตร และ 20 เมตร ผลการศึกษาพบว่า การกระตุ้นด้วยยางยืดวงเล็กและเมดิซินบอลมีแนวโน้มว่าสามารถเพิ่มสมรรถภาพได้และดีกว่าการยืดเหยียดแบบค้าง

Comyns et al. (2015) ได้ทำการศึกษาต่อจาก Crow (2012) ที่ทำการศึกษาการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการออกกำลังน้ำหนักเบาเพื่อกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกต่อพลังระเบิดในนักกีฬาฟุตบอลระดับมืออาชีพ แบ่งเป็นสามกลุ่มได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มกระตุ้นด้วยแรงต้านแบบเบา 7 ท่า ท่าละ 10 ครั้ง กลุ่มยืนบนเครื่องสั่น (Galileo sport machine) ด้วยมุมหัวเข่า 10-30 องศา เป็นเวลา 45 วินาที ด้วยความถี่ 30 Hz ในเรื่องของระยะเวลาพักแบ่งเป็น 30 วินาที, 2, 4, 6, และ 8 นาที พบว่าความสูงของการกระโดดลดลงของการกระตุ้นทั้งสองแบบยกเว้นครั้งที่มีการพัก 8 นาที

Creekmur et al. (2017) ทำการศึกษาการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการทำ พลัยโอเมตริกและไม่ทำพลัยโอเมตริกต่อความเร็วและพลังของกล้ามเนื้อขา ด้วยการกระโดดถือแผ่นน้ำหนัก หนัก 11.2 กิโลกรัม ในนักกีฬากรีฑาที่ทำการวิ่งระยะ 40 เมตรเป็นประจำ จำนวน 10 คน เพศชาย ทำการกระโดดจำนวน 8 ครั้ง 2 รอบ พัก 3 นาที ระหว่างรอบ แล้วพัก 5 นาทีแล้วจึงทำการทดสอบการวิ่ง 40 เมตร ทำการจับเวลาในระยะ 20 และ 40 เมตร ทำการทดสอบด้วยสองวันที่แตกต่างกัน ในเวลาเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่าเวลาที่ใช้ในการวิ่งลดลงทั้ง 20 และ 40 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Crow et al. (2012) ได้ทำการศึกษาการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการออกกำลังกายน้ำหนักเบาเพื่อกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกต่อพลังระเบิด ในนักกีฬาฟุตบอลระดับมืออาชีพ แบ่งเป็นสามกลุ่มได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มกระตุ้นด้วยแรงต้านแบบเบา 7 ท่า ท่าละ 10 ครั้ง กลุ่มยืนบนเครื่องสั่น (Galileo sport machine) ด้วยมุมหัวเข่า 10-30 องศา เป็นเวลา 45 วินาที ด้วยความถี่ 30 Hz ทำการทดสอบการกระโดดหลังจากแต่ละวิธีเป็นเวลา 5 นาที ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการกระโดดของกลุ่มที่กระตุ้นด้วยแรงต้านมีพลังสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มยืนบนเครื่องสั่น สรุปได้ว่าการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกด้วยความหนักเบาก็สามารถส่งผลเพิ่มสมรรถภาพได้

Saez Saez de Villarreal et al. (2007) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการกระตุ้นกล้ามเนื้อต่อความสามารถในการกระโดดระยะสั้นและระยะยาวในนักกีฬาวอลเล่ย์บอลจำนวน 12 คน ด้วยโปรแกรมการกระตุ้นมีรูปแบบ ดังนี้ (1) กระโดด 5 ครั้ง 3 รอบพร้อมเพิ่มน้ำหนัก (2) พาราเรลสควอท (Parallel squat) ด้วยน้ำหนัก 80% ของ 1RM 4 ครั้ง 2 รอบ และ 85% ของ 1RM 2

ครั้ง 2 รอบ (3) พาราเรลสควอทด้วยน้ำหนัก 80% ของ 1RM 4 ครั้ง 2 รอบ และ 90% ของ 1RM 2 ครั้ง 2 รอบ และ 95% ของ 1RM 1 ครั้ง 2 รอบ (4) กระโดดท่าดรอปจั๊มพ์ 5 ครั้ง 3 รอบ (5) การกระตุ้นกล้ามเนื้อของนักกีฬาวอลเล่ย์บอล (6) พาราเรลสควอท 30% ของ 1RM 5 ครั้ง 3 รอบ (7) ไม่ทำการกระตุ้น ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ทำดรอปจั๊มพ์ความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ (1) (2) (3) และ (5) เพิ่ม 4.18% 2.98% 5.47% และ 4.49% ตามลำดับ และมีพลังสูงสุดเพิ่มขึ้นในขณะกระโดดเค้าเตอร์มูฟเม้นต์จั๊มพ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อแบบที่ (2) (5) (3) และ(1) 11.39% 10.90% 9% และ 2.47% ตามลำดับ ผลของการกระตุ้นกล้ามเนื้อสามารถอยู่ได้ถึง 6 ชั่วโมง

Foley et al. (2017) ได้ทำการศึกษาผลของยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ต่อกล้ามเนื้อและกลศาสตร์ของร่างกายส่วนล่างระหว่างการทำท่าบาร์เบลสควอท ในนักศึกษาเพศชายจำนวน 16 คน ทำการทดสอบด้วยการสควอทด้วยน้ำหนัก 3 RM 3 ครั้ง ทำการพักแล้วต่อด้วยสควอทด้วยน้ำหนักตัวจนหมดแรง ทำการวัดค่า EMG และมุมของหัวเข่าระหว่างการทำสควอท ผลการศึกษาพบว่ากล้ามเนื้อมีการทำงานมากขึ้น และในระหว่างการเหยียดตัวขึ้นพบว่าความห่างของหัวเข่าทั้งสองข้างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

Guerra et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลของพลัยโอเมตริกต่อความสามารถในการกระโดดในนักกีฬาฟุตบอลจำนวน 28 คน ด้วยท่าแองเคิ่ลฮ้อป (Ankle hops) 15 ครั้ง 2 รอบ และ กระโดดขาคู่ไปด้านหน้า (Hurdle hops) 5 ครั้ง 3 รอบ และวิ่งลากน้ำหนัก 15% ของน้ำหนักตัว 20 เมตร 3 รอบ ทำการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทำ พลัยโอเมตริกที่เวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที พบว่าความสูงในการกระโดดไม่เพิ่มขึ้นที่การพัก 1 นาทีและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่เวลาการพัก 3 นาที แต่ไม่เพิ่มขึ้นอีกที่การพัก 5 นาที

Margaritopoulos et al. (2015) ได้ทำการศึกษาผลของการทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยพลัยโอเมตริกต่อแรงการเตะท่าราวคิก (Round kick) และความสามารถในการกระโดดของร่างกายส่วนล่าง (ความสูง,พลัง,แรง,อัตราการเพิ่มของแรง) ในนักกีฬาคาราเต้ 10 คน เพศชาย 5 คน และเพศหญิง 5 คน พลัยโอเมตริกแบ่งได้เป็นการกระโดดท่าทักจั๊มพ์ 5 ครั้ง 3 รอบ (Tuck jumps) ทำการกระตุ้น 3 ครั้ง ห่างกัน 10 นาที ทำการทดสอบก่อนการทดลอง 1 ครั้ง และทุกครั้งก่อนและหลังการกระตุ้น พบว่ามีการเพิ่มของสมรรถภาพของการกระตุ้นทุกครั้ง แต่การกระตุ้นครั้งที่สามความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลก่อนการทดลอง

Masamoto et al. (2003) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการทำพลัยโอเมตริกต่อความสามารถในการทำท่าสควอทด้วยน้ำหนักมากที่สุดจำนวน 1 ครั้ง (1 RM) ในนักกีฬาชายจำนวน 12 คน มีการทดสอบ 3 ครั้ง ห่างกันอย่างน้อย 6 วัน ครั้งแรกทดสอบหาน้ำหนักมากที่สุดที่สามารถทำท่าสควอทได้ 1 ครั้ง การทดสอบครั้งแรกเป็นการหาน้ำหนักโดยยังไม่มีการทำพลัยโอเมตริก ครั้งที่

สองและสามทำการทดลองแบบถ่วงดุลลำดับด้วยพลัยโอเมตริกสองแบบคือ กระโดดท่าทักจั๊มพ์ 3 ครั้ง (Tuck jumps) และการกระโดดลงจากที่สูง 2 ครั้ง (Depth Jumps) พัก 30 วินาทีแล้วจึงทำการทดสอบหาค่า 1 RM พบว่า การกระโดดทั้งสองแบบสามารถเพิ่มน้ำหนักที่สามารถยกได้ โดยการกระโดดจากที่สูงสามารถเพิ่มได้มากที่สุด

Pinfold et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการกระตุ้นกล้ามเนื้อร่างกายส่วนล่างต่อสมรรถภาพทางกายในนักกีฬารักบี้ ด้วยการกระตุ้นกล้ามเนื้อสะโพกและขาพร้อมกับการใส่อุปกรณ์ยางยืด ด้วยท่า

1. single leg stance with head nod
2. Hip air plane with hip thrust
3. Hip air plane with trunk rotation
4. Hip aero plane with black thera band, dumbbell & rotation trunk
5. Monster walk forward & back ward with thera band
6. Monster walk side-to-side with thera band

ทำการทดสอบด้วยการกระโดดและวิ่งสปริ้นท์ 5 เมตร หลังจากการกระตุ้นกล้ามเนื้อทันทีและหลังจากการกระตุ้นกล้ามเนื้อ 10 นาที พบว่าสามารถกระโดดได้สูงขึ้นของกลุ่มที่ทดสอบทันทีหลังการกระตุ้นกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองกลุ่มสามารถวิ่งได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Reece et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการใส่ยางยืดเหนือข้อเข่าต่อกลศาสตร์ของข้อเข่าและการทำงานของกล้ามเนื้อ (EMG) ขณะทำท่าบาร์เบลแบคสควอท มีกลุ่มตัวอย่างในการทดลองเป็นเพศชาย 13 คน เพศหญิง 15 คน ใช้ยางยืดร่วมกับแรงต้านสูงและแรงต้านน้อย คำนวณน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด 1 ครั้ง (1RM) จากนั้นกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนทำการสควอท 3 ครั้ง ที่น้ำหนัก 80 % และ 40 % ของ 1 RM พบว่ากล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส มีการทำงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่ยางยืดขณะทำท่าสควอทและข้อเข่ามีการหมุนเข้าด้านในมากขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้เพิ่มโอกาสการเกิดการบาดเจ็บมากขึ้น

Smith et al. (2014) ได้ทำการศึกษาผลของโพสแอคทิเวชั่น โพเอนทิเอชั่น ต่อความสามารถในการวิ่งสปริ้นท์ 40 หลา ในนักศึกษาเพศชาย 12 คน และเพศหญิง 12 คน ที่มีประสบการณ์ในการออกกำลัง 4-6 วันต่อสัปดาห์ในเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา ด้วยการวิ่งลากแรงต้าน 0 % 10% 20% และ 30% ของน้ำหนักตัว ระยะ 20 หลาแล้วจึงทำการวัดผลการทดสอบในวันที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าที่น้ำหนัก 10% สามารถเพิ่มความสามารถในการวิ่งสปริ้นท์ได้ 1.2% และเพิ่ม 2% ที่น้ำหนัก 0% 20% และ 30% จึงยังไม่เป็นที่แน่ชัดในเรื่องของน้ำหนักที่ส่งผลให้ความสามารถในการวิ่งสปริ้นท์ดีขึ้น

Sharma et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลของโพสแอคทิเวชั่น โพเอนทิเอชั่นด้วยการทำพลัยโอเมตริกและใช้การออกกำลังกายด้วยแรงต้านสูงต่อความสูงในการกระโดด ความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ 20 เมตรและแลคเตทในเลือด ในนักกีฬาฟุตบอลชายจำนวน 14 คน ทำการพักก่อนการทดสอบที่เวลา 1 นาที และ 10 นาที โดยการทำพลัยโอเมตริกมีวิธีการดังนี้ กระโดดท่าแองเคิ่ลฮ้อป (Ankle hops) 10 ครั้ง 2 รอบ กระโดดขาคู่ไปด้านหน้า (Hurdle hops) 5 ครั้ง 3 รอบ และ ดรอปจั๊มพ์ (Drop jumps) 5 ครั้ง และการออกกำลังกายด้วยแรงต้านสูงใช้ท่า back half squats ด้วยน้ำหนัก 90% ของ 1 RM 10 ครั้ง 1 รอบ พบว่าการทำพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดได้มากกว่าแรงต้านแต่ความเร็วในการวิ่งนั้นไม่แตกต่างกันที่เวลาพัก 1 นาที และการทำพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดและความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ได้มากกว่าแรงต้านที่เวลาพัก 10 นาที พลัยโอเมตริกยังมีการลดลงของแลคเตทในเลือดมากกว่าแรงต้านสูงที่เวลา 10 นาที

Tobin and Delehunt (2014) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการกระตุ้นด้วยวิธีการพลัยโอเมตริกต่อความสามารถในการกระโดดในนักกีฬารักบี้จำนวน 20 คน ด้วยวิธีการกระโดด 40 ครั้ง ด้วยท่าแองเคิ่ลฮ้อป (Ankle hops) 10 ครั้ง 2 รอบ กระโดดขาคู่ไปด้านหน้า (Hurdle hops) 5 ครั้ง 3 รอบ และ ดรอปจั๊มพ์ (Drop jumps) 5 ครั้ง แล้วพักด้วยเวลาที่แตกต่างกันแบ่งเป็น 1, 3 และ 5 นาที แล้วจึงทำการวัดความสามารถในการกระโดดในท่าเค้าเตอร์มูฟเม้นจัมพ์จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 15 วินาที ผลการศึกษาพบว่าการทำพลัยโอเมตริกทั้งสามระยะเวลาการพักสามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Tsolakis et al. (2011) ได้ทำการศึกษาผลของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น จากการกระตุ้นกล้ามเนื้อส่วนล่างต่อพลังของกล้ามเนื้อขา ในนักกีฬาฟันดาบเพศชายจำนวน 13 คน และเพศหญิงจำนวน 10 คน ด้วยการทำพลัยโอเมตริกด้วยท่า Double leg tuck jump จำนวน 5 ครั้ง 3 รอบ และการทำไอโซเมตริกด้วยท่า Leg press เป็นเวลา 15 วินาที 3 รอบ ทำการทดสอบก่อนการทดลอง และหลังการกระตุ้นที่เวลา 4 นาที 8 นาที และ 12 นาที พบว่า ความสูงของการกระโดดในการทำพลัยโอเมตริกให้ผลที่ดีกว่าการหดตัวแบบไอโซเมตริกทั้งสามเวลาการพัก

Turner et al. (2015) ได้ทำการศึกษาผลของการทำพลัยโอเมตริกต่อความสามารถเร่งความเร็วในการวิ่งสปริ้นท์ 10 และ 20 เมตร หลังการพักที่เวลา 15 วินาที 2,4,8,12 และ 16 นาที ด้วยท่าก้าวขากระโดดสลับข้าง (Alternate-leg bounding) ในนักกีฬาที่เคยทำการฝึกพลัยโอเมตริกเพศชายจำนวน 23 คน ทุกคนทำการทดลองสามรูปแบบได้แก่ รูปแบบที่หนึ่งเป็นการเดิน รูปแบบที่สองเป็นการทำท่าก้าวขากระโดดสลับข้าง 10 ครั้ง 3 รอบ ด้วยน้ำหนักตัว และรูปแบบที่สามเป็นท่าก้าวขากระโดดสลับข้างเพิ่มน้ำหนัก 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่ารูปแบบที่สองและสาม สามสามารถเพิ่มความสามารถในการวิ่งสปริ้นท์ 10 และ 20 เมตรได้ ด้วยการพัก 4 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบที่หนึ่ง

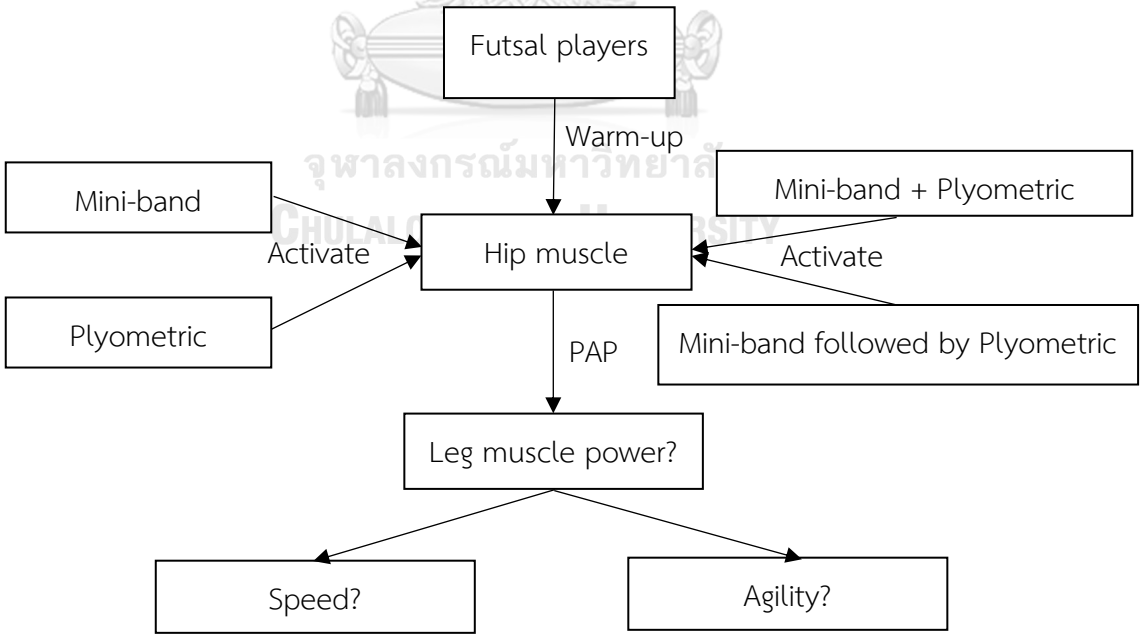
Zekri et al. (2019) ได้ทำการศึกษาผลเฉียบพลันของพลัยโอเมตริกต่อ ความเร็ว ความสามารถในการทรงตัว และความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาฟุตซอลเพศชายจำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองทำพลัยโอเมตริกด้วยท่าแองเคิ่ลฮ้อป (Ankle hops) 10 ครั้ง 2 รอบ กระโดดขาคู่ไปด้านหน้า (Hurdle hops) 5 ครั้ง 3 รอบ และ ดรอปจั๊มพ์ (Drop jumps) 5 ครั้ง 2 รอบ จากนั้นทำการทดสอบหลังการทำพลัยโอเมตริกที่เวลา 3, 10, 15 และ 20 นาที ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการทรงตัวและความสามารถในการกระโดดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระยะเวลาหลังการทำพลัยโอเมตริกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ความเร็วในการวิ่งนั้นไม่แตกต่าง

Zois et al. (2011) ได้ทำการศึกษาผลเฉียบพลันของการกระตุ้นร่างกายของทีมกีฬาฟุตบอลกับการกระตุ้นด้วยความหนักสูงในการทำท่า leg-press ด้วยน้ำหนักที่ทำได้มากที่สุดจำนวน 5 ครั้ง และการทำการจำลองการเล่นในสนามเล็ก ในนักกีฬาฟุตบอลมือสมัครเล่นจำนวน 10 คน มีการทดสอบการกระโดด ปฏิกิริยาความคล่องแคล่วว่องไว และการวิ่งสปริ้นท์ 15 และ 20 เมตร ผลการศึกษาพบว่า ความสูงในการกระโดดหลังจากการทำการจำลองการเล่นในสนามเล็ก และ leg-press ยกเว้นหลังจากการทำการกระตุ้นร่างกายของทีมกีฬาฟุตบอล ปฏิกิริยาความคล่องแคล่วมีการเพิ่มขึ้น หลังจากการทำการจำลองการเล่นในสนามเล็ก และ leg-press เท่านั้น ค่าเฉลี่ยของการวิ่งสปริ้นท์เพิ่มขึ้นหลังจากการทำ leg-press เมื่อเปรียบเทียบกับการจำลองการเล่นในสนามเล็กและการกระตุ้นร่างกายของทีมกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้ กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกและสมรรถภาพทางกายด้านความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งจะต้องมีการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมพร้อมและเป็นการเพิ่มสมรรถภาพ โดยหนึ่งในขั้นตอนของการอบอุ่นร่างกายที่สามารถเพิ่มสมรรถภาพได้ดีก็คือการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งเรียกปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้ดีขึ้นหลังจากการกระตุ้นว่าปรากฏการณ์ โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น หรือ PAP ด้วยการทำพลัยโอเมตริกที่เป็นการกระตุ้นวงจรการยืด-หด (Stretch-shortening cycle) เกิดในระหว่างกล้ามเนื้อกำลังยืดออก เป็นการกระตุ้นการทำงานของของ มัสเซิล สปินเดิล ให้ส่งกระแสประสาทไปยังไขสันหลังซึ่งขณะนี้เป็นช่วงเปลี่ยนจากการยืดออกของกล้ามเนื้อเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ จากนั้นกระแสประสาทจะกลับมาระดมหน่วยประสาทสั่งการ ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วให้เปลี่ยนเป็นหดสั้น อย่างรวดเร็วทำให้สามารถสร้างแรงได้มากขึ้นจากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และการใช้ยางยืดวงเล็ก สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้จากการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้หน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานและส่งกระแสประสาทได้เร็วขึ้นนั้นควรที่จะกระตุ้นด้วยยางยืดวงเล็กก่อนแล้วจึงตามด้วยพลัยโอเมตริกตามปรากฏการณ์ของ PAP หรือทำร่วมกันกับพลัยโอเมตริกจากการที่ยางยืดและพลัยโอเมตริกเป็นการกระตุ้นคนละส่วนกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักกีฬาฟุตซอลชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาฟุตซอลชายจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 9 คน หาได้โดยการกำหนดค่าอำนาจการทดสอบที่ระดับ 0.80 ค่าขนาดอิทธิพลที่ระดับ 0.4034 และระดับนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ 0.05 ด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.4 (ภาคผนวก ก.) และเพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีก 3 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 12 คน และได้ใช้การถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) (ภาคผนวก จ.) ด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) โดยการจับฉลากเข้ากลุ่ม แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย (Inclusion criteria)

1. เป็นนักกีฬาฟุตซอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี ที่เคยแข่งกีฬา มหาวิทยาลัย แห่งประเทศไทย ประสบการณ์การเล่นกีฬาฟุตซอลไม่ต่ำกว่า 2 ปี และเริ่มกลับมาเล่นตามปกติก่อนเข้าร่วมการวิจัยเป็นเวลา 1 เดือน

2. มีความคล่องแคล่วว่องไวในการทำ Agility T-Test ในช่วง 10.51-11.50 วินาที (ระดับปานกลาง อ้างอิงจาก Hoffman, 2006)

3. กลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมการทดลองด้วยความเต็มใจ

4. จะต้องไม่เข้าร่วมงานวิจัยโครงการอื่นอยู่แล้ว ที่ส่งผลต่อสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ปัจจุบัน หรือ ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา มีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อหรือกล้ามเนื้อเส้นเอ็น ซึ่งอาการจะแย่ลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น

3. ขาดการเข้าร่วมการทดลอง 1 ครั้ง จากการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง

4. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ทราบว่าต้องปฏิบัติสิ่งใดบ้าง ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะรับทราบสิทธิ์ของตนเองจากการชี้แจงโดยตรงจากผู้วิจัย และหนังสือข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยเมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความสมัครใจในการเข้าร่วม จะต้องมีการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องไม่ถูกบังคับหรือได้รับรางวัลพิเศษจากการเข้าร่วมการวิจัย ในระหว่างการทำการวิจัย หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สมัครใจที่เข้าร่วมต่อไป ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถออกจากการวิจัยได้ตามประสงค์โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลให้ผู้วิจัยทราบ ระหว่างการวิจัยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะพิทักษ์สวัสดิภาพทางร่างกายและจิตใจของผู้เข้าร่วมการวิจัยป้องกันความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ในกรณีที่เกิดการบาดเจ็บจากการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและนำส่งโรงพยาบาลต่อไป โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด นอกจากนี้ข้อมูลของผู้วิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับและจะถูกทำลายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยในครั้งนี้ ขณะทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะได้รับน้ำดื่ม และอาหารว่าง และได้รับการชดเชยค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าเสียเวลาด้วย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ของนักกีฬาฟุตซอล และให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาความถูกต้องเรียบร้อย

3. นำโปรแกรมให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน โดยเป็นอาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาจำนวน 3 ท่านและผู้เชี่ยวชาญทางด้านกีฬาฟุตซอล 2 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อหาความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence; IOC) และปรับปรุงให้มีความเหมาะสม

4. นำโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด เสนอเพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

5. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวัน เวลา ในการเก็บข้อมูล ขออนุญาติใช้สถานที่และอุปกรณ์

6. ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง โดยประสานงานกับผู้ฝึกสอนกีฬาฟุตซอล อาจารย์ที่ปรึกษาชมรมฟุตซอล และประธานชมรมกีฬาฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อชี้แจงและทำหนังสืออธิบายวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วม

การวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอม และกลุ่มตัวอย่างต้องผ่านแบบคัดกรอง (ภาคผนวก ข.)

7. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ (ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ สนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) และใบบันทึกผลเพื่อนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (ภาคผนวก ฉ)

8. ทำการทดสอบการคัดกรองโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเก็บข้อมูล ที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา และ สนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เวลา 20 นาที เก็บข้อมูล เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง มวลกล้ามเนื้อ ไขมัน ด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (Body composition analyzer) ความยาวขา และความคล่องแคล่วว่องไวในการทำ Agility T-Test อยู่ในช่วง 10.51-11.50 วินาที (ภาคผนวก ง) เพื่อหากลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยและความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน แล้วจึงสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มลำดับโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย โดยวิธีจับสลากแบ่งเป็น 4 กลุ่ม โดยทั้ง 4 กลุ่ม ต้องทำรูปแบบการกระตุ้นต่างกัน 4 รูปแบบด้วยวิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) (ภาคผนวก จ) ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 7 สัปดาห์ โดย 2 สัปดาห์แรกกลุ่มตัวอย่างจะต้องเข้ารับการฝึกวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ถูกต้องโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกสอนที่สนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เวลา 30 นาที จากนั้น 1 สัปดาห์ต่อมาทำการทดสอบก่อนการทดลองหาค่าเริ่มต้น (Baseline) และจากนั้นทำการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในวันจันทร์ ช่วงเวลา 15.00 – 19.00 น. ของแต่ละครั้ง โดยกลุ่มที่หนึ่งทำการทดลองเวลา 15.00 – 16.00 น. กลุ่มที่สองทำการทดลองเวลา 16.00 – 17.00 น. กลุ่มที่สามทำการทดลองเวลา 17.00 – 18.00 น. กลุ่มที่สี่ทำการทดลองเวลา 18.00 – 19.00 น. และมีการชี้แจงขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียด รวมถึงให้คำแนะนำกับกลุ่มตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

- งดการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน ตลอดช่วงระยะเวลาของการทดลอง
- นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อยวันละ 7-8 ชั่วโมง
- ควรรับประทานอาหารก่อนอย่างน้อย 2-3 ชั่วโมง
- ระมัดระวังการกินอาหารที่แตกต่างจากอาหารที่ปกติที่เคยกินเป็นประจำ
- ดื่มน้ำให้เพียงพออย่างน้อย 6-8 แก้ว

ผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และกลุ่มตัวอย่าง จะต้องเตรียมขวดน้ำและหน้ากากอนามัยส่วนตัว ล้างมือก่อนและหลังการทดลองทุกครั้ง มีการเว้นระยะห่างอย่างน้อย 2 เมตร ขณะทำการทดลอง ต้องรับวัคซีน COVID-19 อย่างน้อย 2 เข็ม และตรวจคัดกรอง ATK ก่อนเข้าร่วมโครงการ

เพื่อป้องกันตามมาตรการการป้องกันการแพร่ระบาดของโควิด-19 ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลา และทำความสะอาดอุปกรณ์ก่อนและหลังการทดลองทุกครั้ง

8.1 หลังจากได้กลุ่มตัวอย่าง จะทำการหาความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน โดยจะใช้น้ำหนักไร้ไขมันของนักกีฬาแต่ละคนมาเลือกความหนักของยางยืด (ภาคผนวก ฌ) ดังนี้

น้ำหนักไร้ไขมันช่วง 55-65 กิโลกรัม ใช้ยางยืด สีแดง

น้ำหนักไร้ไขมันช่วง 66-80 กิโลกรัม ใช้ยางยืด สีน้ำเงิน

น้ำหนักไร้ไขมันช่วง 81-90 กิโลกรัม ใช้ยางยืด สีดำ

8.2 ก่อนผู้วิจัยจะเข้าสู่การทำการทดสอบนั้น จะต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) ได้แก่ แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force) และตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง (Position) ของเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 power system) (ภาคผนวก ง.) โดยกลุ่มตัวอย่างทำการพักก่อนทดสอบ 3 นาทีด้วยการนั่ง (Guerra et al., 2018)

9. สัปดาห์ที่ 3 ทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้เวลา 24 นาที มีวิธีการทำการทดสอบ (ภาคผนวก ง.) ตามลำดับดังนี้

9.1 ทำการอบอุ่นร่างกาย ด้วยการวิ่ง 5 นาที

9.2 ทำการอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหว 5 นาที (ภาคผนวก ฏ)

9.3 หลังจากทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จทำการทดสอบเริ่มจากพลัง ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 power system) โดยวัดตัวแปรดังนี้ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดโดยให้กลุ่มตัวอย่างย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Freitas et al., 2019) และทำการกระโดดในแนวดิ่ง 1 ครั้ง ด้วยความพยายามสูงสุด ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 30 วินาทีด้วยการนั่ง (García-Pinillos et al., 2014) แล้วเลือกครั้งที่ได้พลังสูงสุดมากที่สุดมาวิเคราะห์

9.4 หลังจากทำการทดสอบพลังเสร็จ พักเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) และโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test ให้เร็วที่สุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง (Reiman, 2009) เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาบันทึก หน่วยเป็นวินาที

9.5 หลังจากทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวเสร็จ พักเป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงทำการทดสอบความเร็วในการวิ่ง ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) ทดสอบความเร็วในการวิ่งระยะ 10 และ 20 เมตร โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งด้วย

ความเร็วสูงสุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง (Triplett, 2012) เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาวิเคราะห์ หน่วยเป็นวินาที

9.6 ทำการคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที (ภาคผนวก ฐ)

10. สัปดาห์ที่ 4 - 7 ทำการทดสอบก่อนการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ใช้เวลาครั้งละ 24 นาที โดยมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

10.1 ทำการอบอุ่นร่างกาย ด้วยการวิ่ง 5 นาที

10.2 ทำการอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหว 5 นาที (ภาคผนวก ฏ)

10.3 ทำการทดสอบโดยเริ่มจากการทดสอบพลัง ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 power system) โดยวัดตัวแปรดังนี้ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดโดยให้กลุ่มตัวอย่างย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Freitas et al., 2019) และทำการกระโดดในแนวดิ่ง 1 ครั้ง ด้วยความพยายามสูงสุด ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 30 วินาทีด้วยการนั่ง (García-Pinillos et al., 2014) แล้วเลือกครั้งที่ได้พลังสูงสุดมากที่สุดมาวิเคราะห์

10.4 หลังจากทำการทดสอบพลังเสร็จ พักเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) และโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test ให้เร็วที่สุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง (Reiman, 2009) เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาบันทึก หน่วยเป็นวินาที

10.5 หลังจากทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวเสร็จ พักเป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงทำการทดสอบความเร็วในการวิ่ง ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) ทดสอบความเร็วในการวิ่งระยะ 10 และ 20 เมตร โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง (Miller, 2012) เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาวิเคราะห์ หน่วยเป็นวินาที

10.6 ทำการพักด้วยการนั่ง 3 นาที

11. สัปดาห์ที่ 4 - 7 ทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยรูปแบบที่กำหนดเป็นเวลา 4 นาที และการทดสอบหลังการกระตุ้น 14 นาที โดยการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยการฝึกแต่ละแบบและการทดสอบมีลายละเอียด (ภาคผนวก ฌ) ดังนี้

<u>รูปแบบที่ 1 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก ประกอบไปด้วย</u>

ท่าที่ 1 Double leg front & back jump เริ่มด้วยการยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงจากขาทั้งสองข้างทำการกระโดดไปด้านหน้าเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดไปด้านหน้าจนครบจำนวนที่กำหนด จากนั้นทำการกระโดดไปด้านหลังจนครบจำนวนที่

กำหนด โดยทำการกระโดดไปด้านหน้าจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านหลังจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 2 Single leg lateral jump เริ่มด้วยการยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงกระโดดด้วยขาข้างซ้ายกระโดดไปทางด้านขวา ลงน้ำหนักด้วยขาขวาเพียงข้างเดียวเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดไปอีกด้านทันที ทำการกระโดดไปด้านซ้ายและด้านขวาสลับกันต่อเนื่องไม่ต้องกลับไปท่าเริ่มต้น โดยทำการกระโดดไปด้านซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านขวาจำนวน 4 ครั้ง 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 3 Split squat jump เริ่มด้วยการยืนตัวตรงแยกขาเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่าของขาด้านหน้าทำมุม 90 องศา จากนั้นทำการกระโดด แล้วทำการสลับขาอีกข้างให้มาอยู่ด้านหน้าและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดทันที ทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายและข้างขวาสลับกันต่อเนื่องไม่ต้องกลับไปท่าเริ่มต้น โดยทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดด้วยขาข้างขวาจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที

<u>รูปแบบที่ 2 การฝึกด้วยยางยืด ประกอบไปด้วย</u>

ท่าที่ 1 Mini-band squat walk forward & backward เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นทำการก้าวขาไปด้านหน้าด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาถอยหลังด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที แล้วทำท่าต่อไป

ท่าที 2 Mini-band squat lateral walk เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นทำการก้าวออกด้านซ้ายจำนวน 4 ครั้ง เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาออกด้านขวาอีกจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที แล้วทำท่าต่อไป

ท่าที่ 3 Mini-band monster walk เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นก้าวไปด้านหน้าเฉียง 45 องศา ด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาถอยหลังเฉียง 45 องศา ด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวา จำนวน 4 ครั้ง ต่อขา จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที

<u>รูปแบบที่ 3 การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ประกอบไปด้วย</u>

ท่าที่ 1 Mini-band squat walk forward & backward เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นทำการก้าวขาไปด้านหน้าด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาถอยหลังด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา จำนวน 1 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที แล้วทำท่าต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ท่าที่ 2 Mini-band squat lateral walk เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นทำการก้าวออกด้านซ้ายจำนวน 4 ครั้ง เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาออกด้านขวาอีกจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที แล้วทำท่าต่อไป

ท่าที่ 3 Mini-band monster walk เริ่มด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา จากนั้นก้าวไปด้านหน้าเฉียง 45 องศา ด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวาจำนวน 4 ครั้ง ต่อขา เมื่อครบแล้วทำการก้าวขาถอยหลังเฉียง 45 องศา ด้วยขาซ้ายสลับกับขาขวา จำนวน 4 ครั้ง ต่อขา จำนวน 1 รอบ จากนั้นพัก 30 วินาที แล้วทำท่าต่อไป

ท่าที่ 4 Double leg front & back jump เริ่มด้วยการยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงจากขาทั้งสองข้างทำการกระโดดไปด้านหน้าเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดไปด้านหน้าจนครบจำนวนที่กำหนด จากนั้นทำการกระโดดไปด้านหลังจนครบจำนวนที่กำหนด โดยทำการกระโดดไปด้านหน้าจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านหลังจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 5 Single leg lateral jump เริ่มด้วยการยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงกระโดดด้วยขาข้างซ้ายกระโดดไปทางด้านขวา ลงน้ำหนักด้วยขาขวาเพียงข้างเดียวเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดไปอีกด้านทันที ทำการกระโดดไปด้านซ้ายและด้านขวาสลับกันต่อเนื่อง โดยทำการกระโดดไปด้านซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านขวาจำนวน 4 ครั้ง 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 6 Split squat jump เริ่มด้วยการยืนตัวตรงแยกขาเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่าของขาด้านหน้าทำมุม 90 องศา จากนั้นทำการกระโดด แล้วทำการสลับขาอีกข้างให้มาอยู่ด้านหน้าและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดทันที ทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายและข้างขวาสลับกันต่อเนื่อง โดยทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดด้วยขาข้างขวาจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที

<u>รูปแบบที่ 4 การฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ประกอบไปด้วย</u>

ท่าที่ 1 Mini-band double leg front & back jump เริ่มด้วยการด้วยการใส่ยางยืดวงเล็กเหนือหัวเข่าและยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงจากขาทั้งสองข้างทำการกระโดดไปด้านหน้าเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลง แล้วออกแรงกระโดดไปด้านหน้าจนครบจำนวนที่กำหนดจากนั้นทำการกระโดดไปด้านหลังจนครบจำนวนที่กำหนด โดยทำการกระโดดไปด้านหน้าจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านหลังจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 2 Mini-band single leg lateral jump เริ่มด้วยการใส่ยางยืดวงเล็กเหนือหัวเข่าและยืนตรงเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนหัวเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นออกแรงกระโดดด้วยขาข้างซ้ายกระโดด

ไปทางด้านขวา ลงน้ำหนักด้วยขาขวาเพียงข้างเดียวเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดไปอีกด้านทันที ทำการกระโดดไปด้านซ้ายและด้านขวาสลับกันต่อเนื่องไม่ต้องกลับไปท่าเริ่มต้น โดยทำการกระโดดไปด้านซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดไปด้านขวาจำนวน 4 ครั้ง 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที แล้วทำท่าถัดไป

ท่าที่ 3 Mini-band split squat jump เริ่มด้วยการใส่ยางยืดวงเล็กเหนือหัวเข่าและยืนตัวตรงแยกขาเตรียมพร้อม ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่าของขาด้านหน้าทำมุม 90 องศา จากนั้นทำการกระโดด แล้วทำการสลับขาอีกข้างให้มาอยู่ด้านหน้าและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อตัวลงแล้วออกแรงกระโดดทันที ทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายและข้างขวาสลับกันต่อเนื่องไม่ต้องกลับไปท่าเริ่มต้น โดยทำการกระโดดด้วยขาข้างซ้ายจำนวน 4 ครั้ง และกระโดดด้วยขาข้างขวาจำนวน 4 ครั้ง จำนวน 1 รอบ พัก 30 วินาที แล้วทำอีก 1 รอบ รวม 2 รอบ จากนั้น พัก 30 วินาที

11.1 หลังจากทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อเสร็จพักเป็นเวลา 3 นาที (แล้วจึงทำการทดสอบพลัง ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 power system) โดยวัดตัวแปรดังนี้ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุดโดยให้กลุ่มตัวอย่างย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา และทำการกระโดดในแนวดิ่ง 1 ครั้ง ด้วยความพยายามสูงสุด ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 30 วินาทีด้วยการนั่ง แล้วเลือกครั้งที่ได้พลังสูงสุดมากที่สุดมาวิเคราะห์

11.2 หลังจากทำการทดสอบพลังเสร็จ พักเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) และโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำโปรแกรมการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test ให้เร็วที่สุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาบันทึก หน่วยเป็นวินาที

11.3 หลังจากทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวเสร็จ พักเป็นเวลา 3 นาที แล้วจึงทำการทดสอบความเร็วในการวิ่ง ด้วยเครื่อง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) ทดสอบความเร็วในการวิ่งระยะ 10 และ 20 เมตร โดยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาทีด้วยการนั่ง เลือกครั้งที่เร็วที่สุดมาวิเคราะห์ หน่วยเป็นวินาที

11.4 ทำการคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที (ภาคผนวก ฐ)

12. นำผลการทดสอบที่ได้ คือ พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

13. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องฝึกและทดสอบกล้าเนื้อแรงระเบิด FT 700 power system (Fittect, Australia) ที่เชื่อมกับโปรแกรม Ballistic measurement system ประกอบไปด้วย

1.1 Ballistic measurement system software เวอร์ชั่น 2011 2.0 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย

1.2 แผ่นตรวจรับแรงกระแทก Force plate รุ่น 400S (400 series performance force plate) ขนาด 795 mm x 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลีย บันทึกในงานวิจัยครั้งนี้ที่ความถี่ 200 Hz

1.3 ตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง (Position transducer) ยี่ห้อ IDM ประเทศออสเตรเลีย

2. เครื่องวัดความสามารถในการวิ่ง Swift Speed Light timing & training systems (Australia) ใช้สำหรับทดสอบเร็วในการวิ่ง 10 และ 20 เมตร และทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Agility T-Test

3. ยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower

4. เครื่องวัดองศา Goniometer

5. แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ ELEIKO Spot AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศสหรัฐอเมริกา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการทดลองและดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง และมีผู้ช่วยวิจัย จำนวน 1 ท่าน เป็นนิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำหน้าที่ช่วยควบคุมดูแลการวิจัย ทำการทดลองในวันจันทร์ช่วงเวลา 15.00-19.00 น. โดยกลุ่มที่หนึ่งทำการทดลองเวลา 15.00 – 16.00 น. กลุ่มที่สองทำการทดลองเวลา 16.00 – 17.00 น. กลุ่มที่สามทำการทดลองเวลา 17.00 – 18.00 น. กลุ่มที่สี่ทำการทดลองเวลา 18.00 – 19.00 น.

2. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการวิจัยโดยใช้สถานที่ คือ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบันทึกผลลงในแบบบันทึกผล (ภาคผนวก ฉ.)

3. หากกลุ่มตัวอย่างเกิดการบาดเจ็บจากการทดลองให้แจ้งผู้วิจัยและหยุดการทดลองโดยทันที เพื่อทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และทำการส่งต่อสถานพยาบาล โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าสถิติ ดังนี้

14.6.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลเริ่มต้น (Base line) และตัวแปรตามในแต่ละการทดสอบ และทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test

14.6.2 หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกรายการของแต่ละการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ One-way repeated measures ANOVA

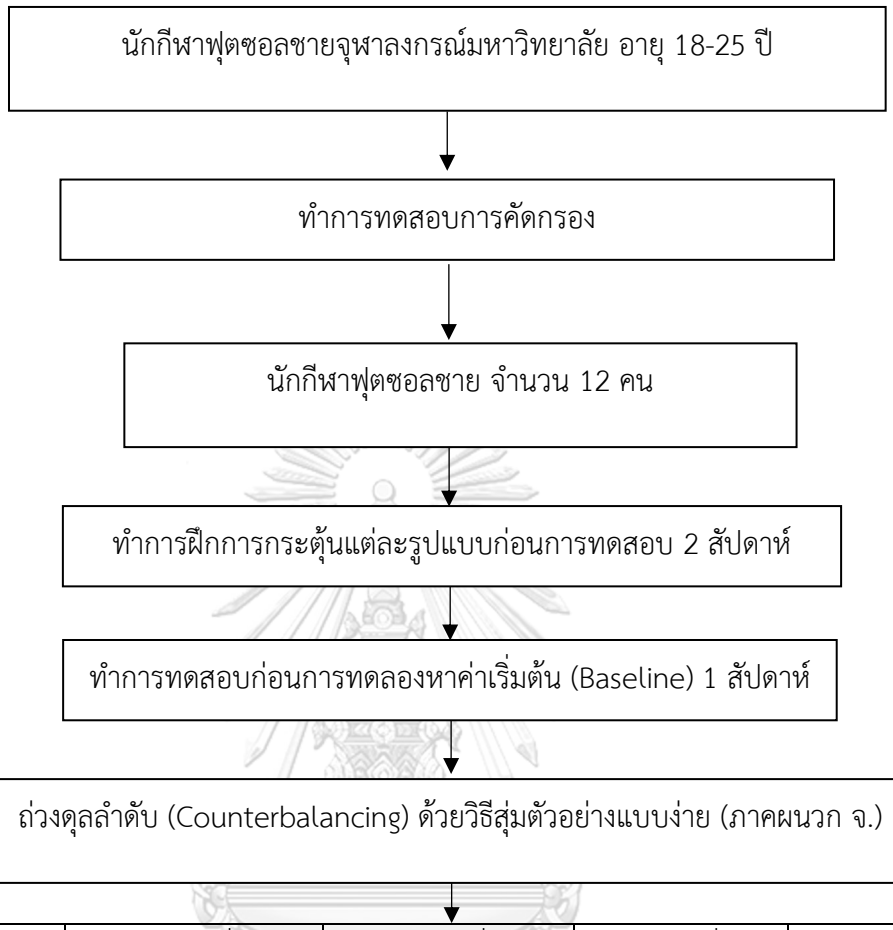
14.6.3 หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกรายการของแต่ละการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ Friedman Test

14.6.4 หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni

14.6.5 กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

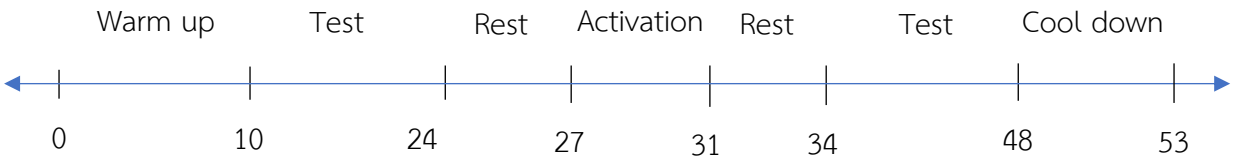
แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย



	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4
สัปดาห์ที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2
สัปดาห์ที่ 5	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3
สัปดาห์ที่ 6	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4
สัปดาห์ที่ 7	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1

รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิจัยการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

<u>แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบ</u>



เวลา (นาที)

Warm up = อบอุ่นร่างกาย 10 นาที

Activation = ทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อ 4 นาที

Rest = พักด้วยการนั่ง 3 นาที

Test = -ทำการทดสอบพลัง 2 นาที 30 วินาที และพักหลังการทดสอบ 30 วินาที

-ทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว 4 นาที และพักหลังการทดสอบ 3 นาที

-ทำการทดสอบความเร็ว 4 นาที

Cool down = คลายอุ่นร่างกาย 5 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย โดยใช้การกระตุ้นด้วยการฝึก 4 รูปแบบ ได้แก่ การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS แล้วนำผลการวิเคราะห์มานำเสนอในรูปของตารางข้อมูลประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก น้ำหนักไร้ไขมัน ส่วนสูง และความยาวขา

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measures ANOVA) และความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ (Friedman Test) ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni

ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น ของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก น้ำหนักไร้ไขมัน ส่วนสูง และความยาวขา

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก น้ำหนักไร้ไขมัน ส่วนสูง และความยาวขาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน

	$\bar{X}$	S.D.
อายุ (ปี)	20.78	1.39
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67.59	5.15
น้ำหนักไร้ไขมัน (กิโลกรัม)	56.80	2.74
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.22	4.52
ความยาวขา (เซนติเมตร)	88.11	2.26

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 20.78±1.39 ปี น้ำหนักเท่ากับ 67.59 ± 5.15 กิโลกรัม น้ำหนักไร้ไขมันเท่ากับ 56.80±2.74 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 173.22±4.52 เซนติเมตร และความยาวขาเท่ากับ 88.11±2.26 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measures ANOVA) และความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ (Friedman Test) ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) หากพบความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way repeated measures ANOVA) และความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำโดยการจัดคอลัมน์ (Friedman Test) ของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

	โปรแกรมการกระตุ้น					Friedman	One-way
	ค่าเริ่มต้น ($\bar{x}$ ± SD)	PLYO ($\bar{x}$ ± SD)	BAND ($\bar{x}$ ± SD)	BAPL ($\bar{x}$ ± SD)	CBBP ($\bar{x}$ ± SD)		
พลังสูงสุด (วัตต์)	3574.89 ± 402.88	4148.00±417.79 (16.21%±8.40%)	4175.67±417.79 (17.18%±8.18%)	4000.22±429.09 (12.08%±5.90%)	3985.22±404.34 (11.75%±6.52%)		0.00* (0.23)
แรงสูงสุด (นิวตัน)	2945.89 ± 657.37	3226.44±583.81 (10.67%±7.59%)	3254.22±645.09 (11.52%±10.59%)	3411.11±695.42 (16.64%±9.38%)	3230.22±612.10 (10.88%±9.54%)		0.54 (0.21)
ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	2.36 ± 0.12	2.79±0.34 (17.94%±12.52%)	2.79±0.26 (18.32%±12.38%)	2.73±0.31 (15.47%±9.67%)	2.69±0.25 (13.94%±9.31%)	0.00* (0.65)	
เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 เมตร (วินาที)	1.84 ± 0.07	1.80±0.05 (-2.03%±2.98%)	1.80±0.09 (-1.90%±5.36%)	1.81±0.10 (-1.34%±6.10%)	1.81±0.08 (-1.45%±5.36%)		0.64 (0.92)
เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 20 เมตร (วินาที)	3.28 ± 0.15	3.22±0.12 (-1.59%±3.45%)	3.19±0.16 (-2.47%±7.09%)	3.22±0.15 (-1.64%±5.35%)	3.22±0.19 (-1.69%±7.03%)		0.41 (0.89)
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	10.67 ± 0.13	10.42±0.24 (-3.07%±4.45%)	10.29±0.25 (-3.68%±2.64%)	10.32±0.37 (-2.94%±2.65%)	10.36±0.30 (-2.59%±2.89%)		0.05 (0.82)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด และความเร็วของบาร์เบลสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่แตกต่างกัน

หมายเหตุ : เลขในวงเล็บคือเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดเป็นรายคู่ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

โปรแกรมการกระตุ้น	วัตต์	ค่าเริ่มต้น	PLYO	BAND	BAPL	CBBP
ค่าเริ่มต้น	3574.89	-	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
PLYO	4148.00		-	1.00	0.587	1.00
BAND	4175.67			-	0.119	1.00
BAPL	4000.22				-	1.00
CBBP	3985.22					-

*p < 0.05

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) แตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความเร็วของบาร์เบลสูงสุดเป็นรายคู่ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

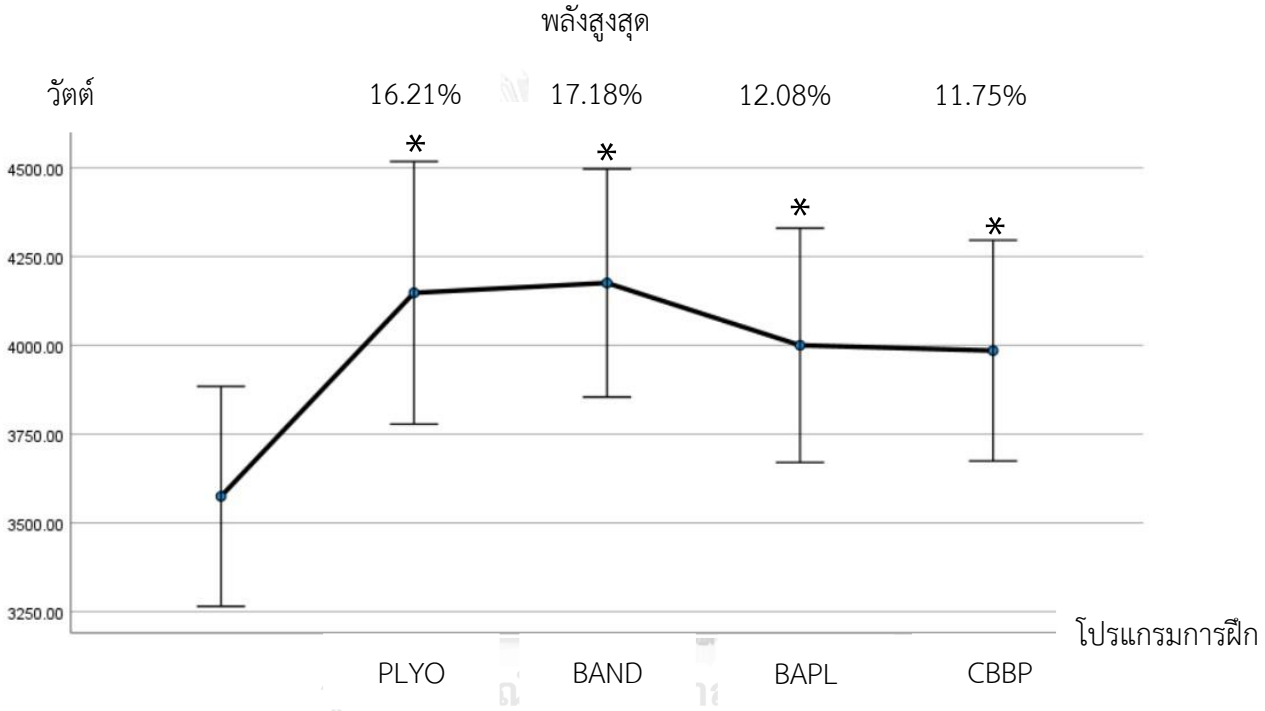
โปรแกรมการกระตุ้น	เมตรต่อวินาที	ค่าเริ่มต้น	PLYO	BAND	BAPL	CBBP
ค่าเริ่มต้น	2.36	-	0.02*	0.01*	0.01*	0.02*
PLYO	2.79		-	1.00	1.00	1.00
BAND	2.79			-	1.00	1.00
BAPL	2.73				-	1.00
CBBP	2.69					-

*p < 0.05

จากตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) แตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

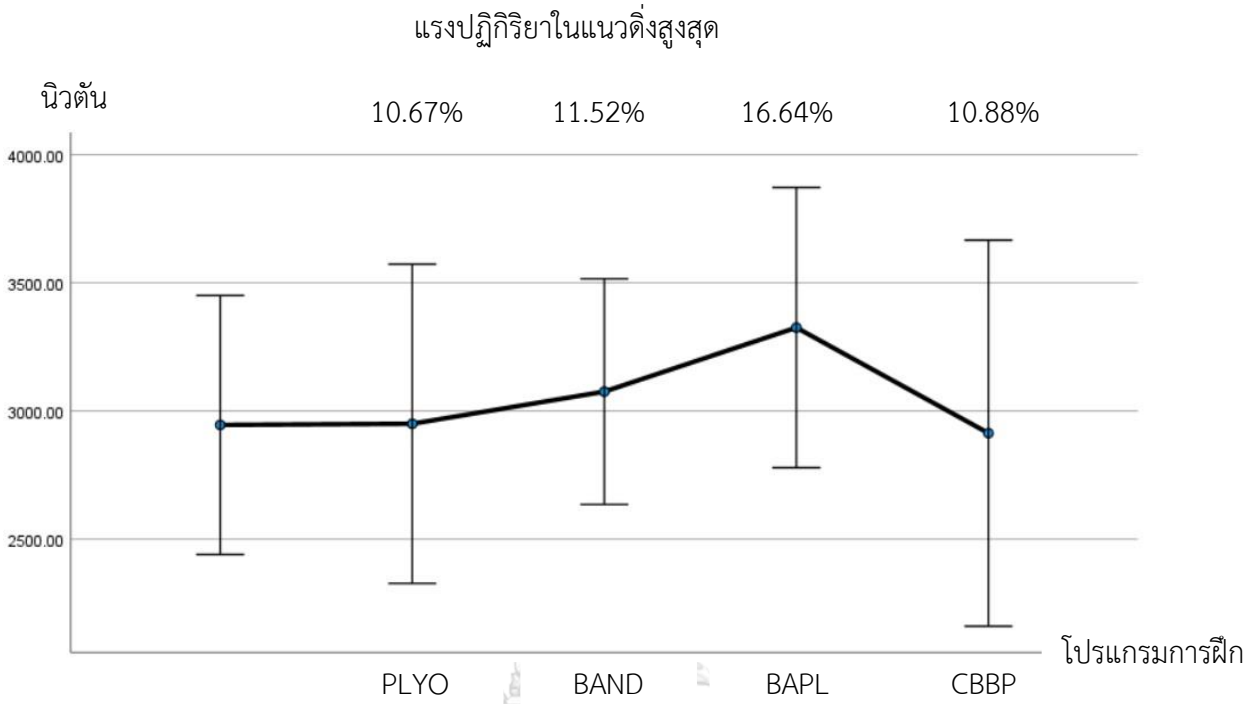
ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด่วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)



Chulalongkorn University

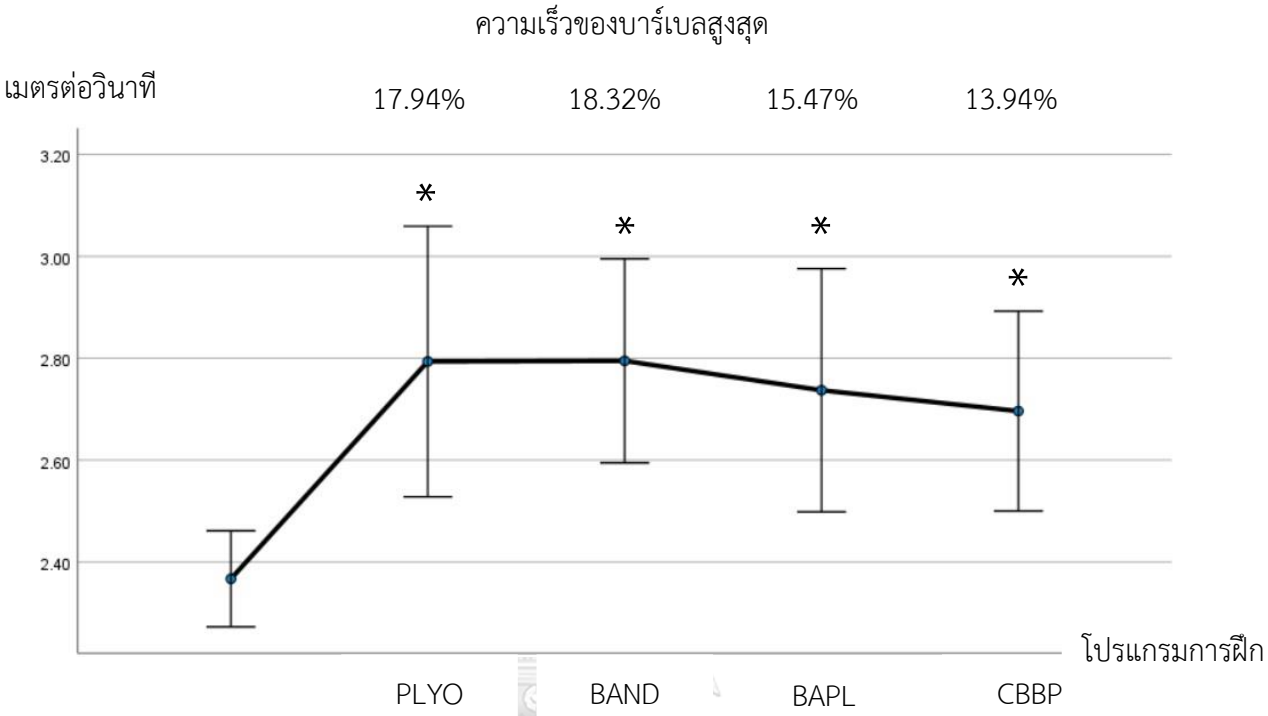
แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของพลังสูงสุด ของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

* ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดแตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP

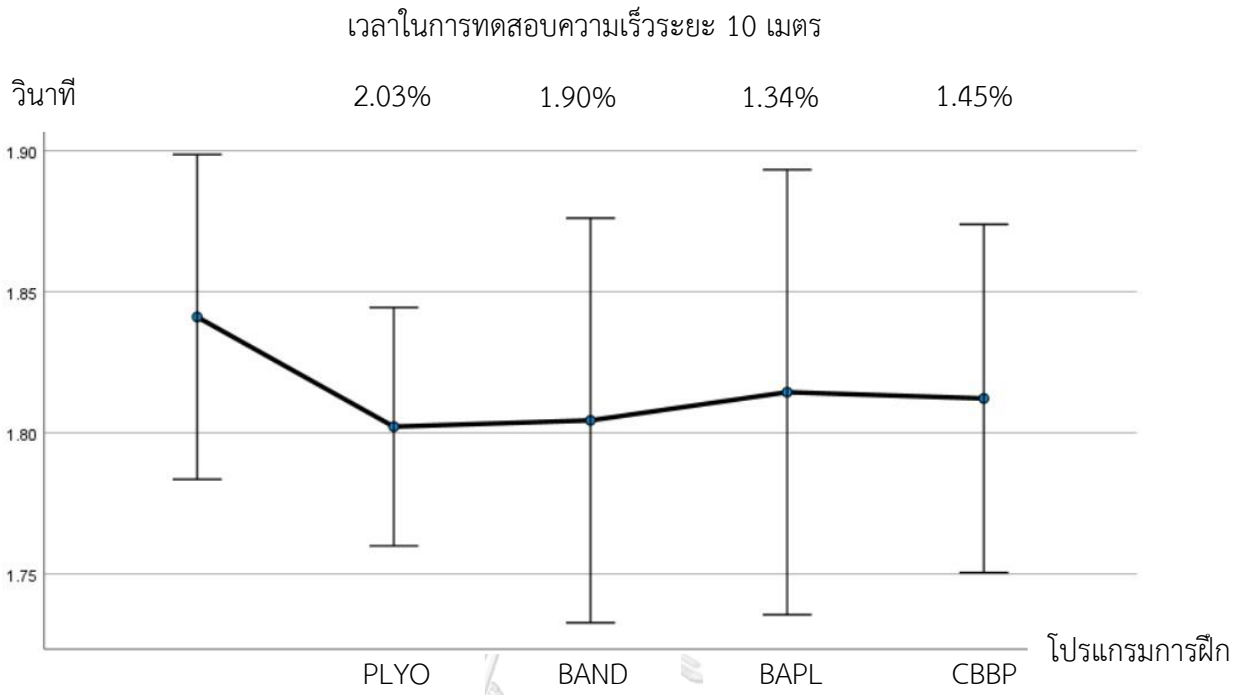
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของความเร็วของบาร์เบลสูงสุด ของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

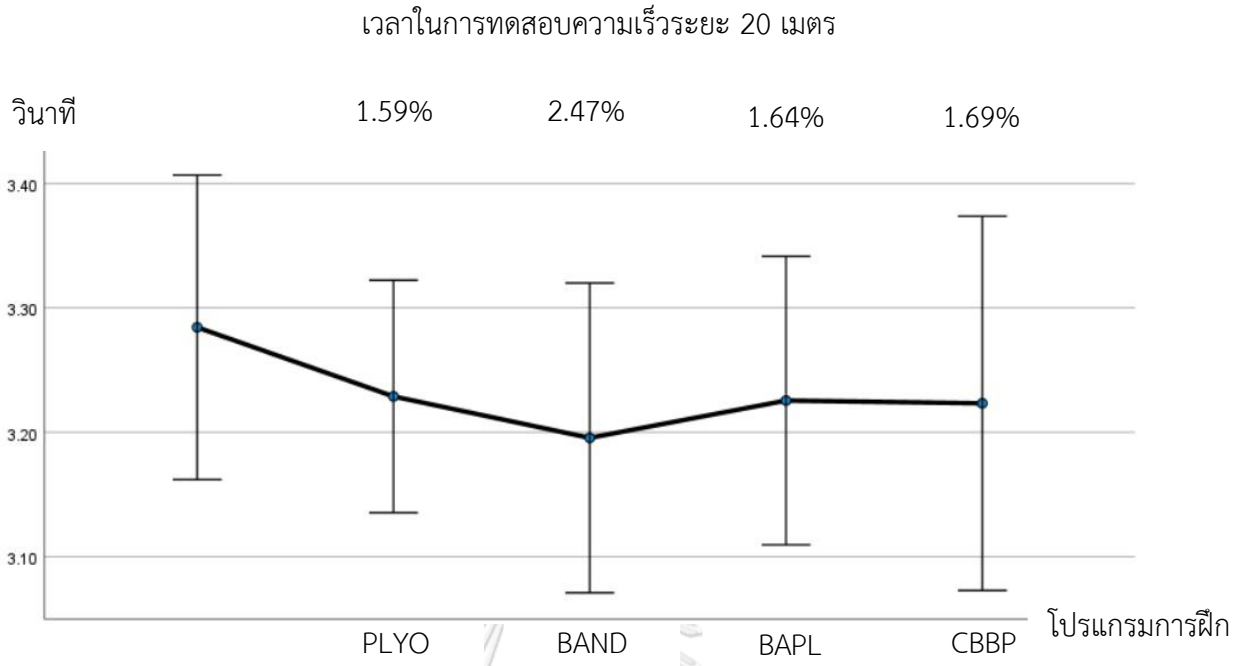
* ค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดแตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



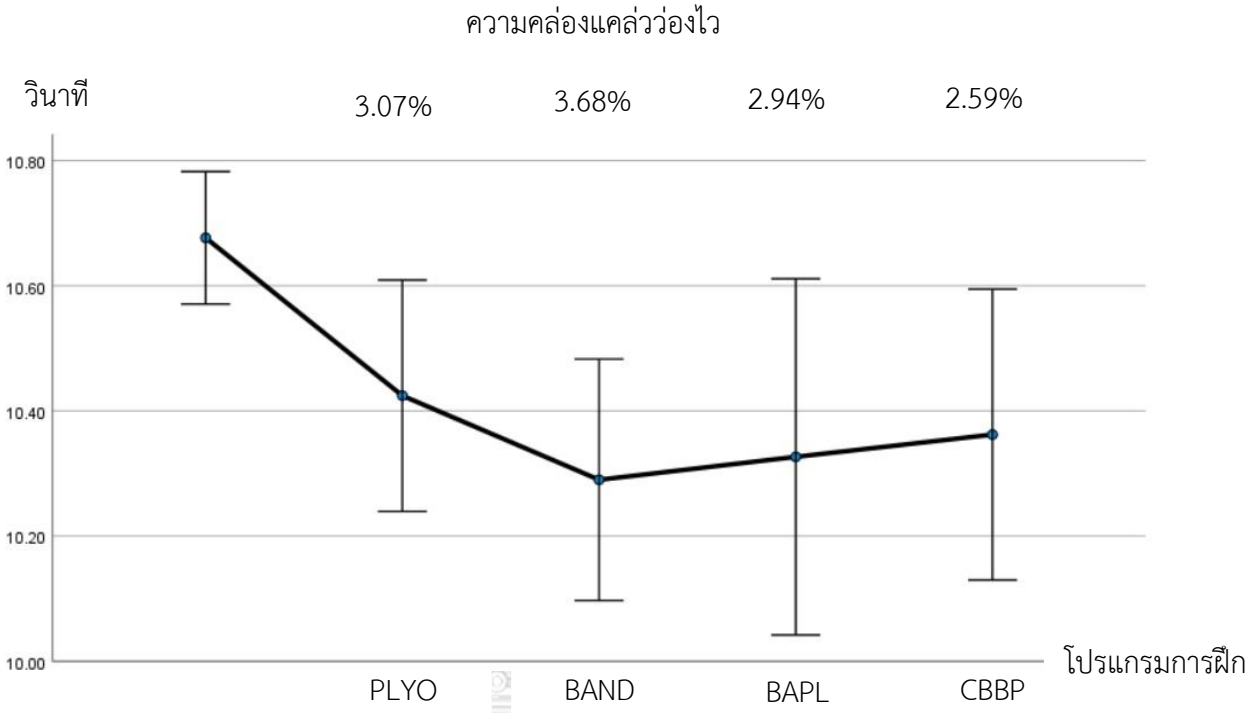
แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 เมตร ของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 20 เมตร ของการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นของความคล่องแคล่ววองไว ของ การฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) การฝึกด้วยยางยืด (BAND) การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการวิ่ง และความคล่องแคล่วว่องไว ของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดในขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็น นักกีฬาฟุตซอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี จำนวน 12 คน จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องผ่านการแข่งขันรายการกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย มีความความคล่องแคล่วว่องไวในการทำ Agility T-Test ในช่วง 10.51-11.50 วินาที มีสุขภาพดี ไม่มีอาการบาดเจ็บ จากนั้นใช้วิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) โดยการจับฉลากเข้ากลุ่ม 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 กระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (PLYO) กลุ่มที่ 2 กระตุ้นด้วยการฝึกด้วยยางยืด (BAND) กลุ่มที่ 3 กระตุ้นด้วยการฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก (BAPL) และกลุ่มที่ 4 การกระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (CBBP) แต่ขณะดำเนินการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างหายไป 3 คน เกิดจากกลุ่มตัวอย่างไม่สะดวกเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อ ทำให้เหลือ 9 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 7 สัปดาห์ โดย 2 สัปดาห์แรกกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการฝึกวิธีการฝึกกล้ามเนื้อที่ถูกต้องโดยทำการฝึก 1 วันต่อสัปดาห์ วันละ 30 นาที และมีผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกสอนที่สนามเทนนิส คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นสัปดาห์ต่อมาทำการทดสอบก่อนการทดลองหาค่าเริ่มต้น (Baseline) และทำการทดลอง 4 สัปดาห์ (ทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในวันจันทร์ ช่วงเวลา 15.00 – 19.00 น.) โดยกลุ่มที่ 1 ทำการทดลองเวลา 15.00 – 16.00 น. กลุ่มที่ 2 ทำการทดลองเวลา 16.00 – 17.00 น. กลุ่มที่ 3 ทำการทดลองเวลา 17.00 – 18.00 น. และกลุ่มที่ 4 ทำการทดลองเวลา 18.00 – 19.00 น. ทดสอบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด เวลาในการวิ่งระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test (ภาคผนวก ฑ) หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกรายการของแต่ละการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ One-way repeated measures ANOVA หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกรายการของแต่ละการทดสอบโดยใช้สถิติทดสอบ Friedman Test หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด แตกต่างจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ไม่แตกต่างกัน

2. ค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด แตกต่างจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ไม่แตกต่างกัน

3. ค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุดของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ไม่แตกต่างกัน

4. ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร ของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ไม่แตกต่างกัน

5. ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวของค่าเริ่มต้น การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดของการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด แตกต่างกับค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาจเป็นเพราะรูปแบบการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบ สามารถกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงานได้ดีขึ้นจากปรากฏการณ์ โพสต์แอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น หรือ พีเอพี (Postactivation Potentiation or PAP) โดยมีกลไกอธิบายการเกิด PAP คือ 1) กระบวนการฟอสโฟรีเลชั่น ของไมโอซินไลท์เชน ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเชื่อมต่อระหว่างแอคตินและไมโอซิน และยังทำให้เกิดปฏิกิริยาของแอคตินและมัยโอซินมีความไวต่อแคลเซียม 2) การเสริมการตอบสนองของหน่วยประสาทสั่งการ เกิดการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Recruitment) และเพิ่มความสามารถในการซิงโครไนซ์ (Synchronization) ของหน่วยประสาทสั่งการได้ดีมากขึ้น 3) ลดมุมเพนเนชั่นของกล้ามเนื้อ (Docherty et al., 2004; Lorenz, 2011; Xenofondos et al., 2010) ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกกระตุ้นให้เกิด PAP จากการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรการยืด-หด โดยการยืดกล้ามเนื้อออกอย่างรวดเร็ว (Eccentric) ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch Reflex) เพื่อให้สะสมพลังงานในกล้ามเนื้อแบบอิลาสติก (Elastic energy) เกิดการระดมหน่วยประสาทสั่งการ (Motor unit) ขนาดใหญ่มาควบคุมกล้ามเนื้อชนิดสองบี (Type IIb) ให้หดตัว (Concentric) ผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟา (Alpha Motor Neuron) (Esformers et al., 2010) ส่วนการฝึกด้วยยางยืดเป็นการใช้แรงต้านเป็นสิ่งเร้าในการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ซึ่งระบบประสาทส่วนกลางจะส่งกระแสประสาทมาระดมหน่วยประสาทสั่งการให้ควบคุมกล้ามเนื้อผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟา (Alpha Motor Neuron) (Kuriki et al., 2012; Pinfold et al., 2018) ในส่วนของการฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นลักษณะการฝึกด้วยแรงต้านก่อนทำให้เกิด PAP แล้วนำไปใช้ต่อในการฝึกพลัยโอเมตริกเพื่อให้การฝึกพลัยโอเมตริกทำได้ดีขึ้น (Lorenz, 2011) และการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืดกระตุ้นให้เกิด PAP จากการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรการยืดหดพร้อมทั้งเพิ่มการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางไปพร้อม ๆ กัน และการฝึกทั้ง 4 รูปแบบ ใช้ท่าที่เป็นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกเป็นหลักเนื่องจากเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงและสามารถสร้างแรงระเบิดของร่างกายส่วนล่างได้มาก (Mero & Komi, 1994; Nelson & Debeliso, 2014) จึงส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดแตกต่างจากค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบ พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุด และค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุดไม่แตกต่างกัน ซึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเกิดจากการกระตุ้นด้วยโปรแกรมพลัยโอเมตริกเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรการยืด-หด โดยให้เกิดรีเฟล็กซ์ ผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟ่า (Davies et al., 2015; Flanagan & Comyns, 2008; Haff & Triplett, 2015; Mantilla & Sieck, 2013) มีท่าที่ใช้อยู่ในระดับเบาเนื่องจากท่าที่ใช้ไม่ได้กระโดดลงจากที่สูง และยังมีลักษณะท่าที่ใช้ในการฝึกที่มีการเคลื่อนไหวของกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกและทิศทางในการเคลื่อนที่เหมือนกันกับการฝึกด้วยยางยืดที่มีปลายทางเดียวกันคือการเพิ่มประสิทธิภาพวงจรการยืด-หดโดยกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ให้ส่งสัญญาณกลับไปควบคุมกล้ามเนื้อผ่านเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟ่า (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536; Crow et al., 2012; Farina et al., 2010; Kuriki et al., 2012; Spracklin et al.,2017) ซึ่งยางยืดวงเล็กถูกจัดเป็นแรงต้านระดับเบา (Foley et al., 2017; Christensen et al., 2020; Reece et al., 2020) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แรงต้านอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไร้ไขมัน จึงอาจทำให้การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกและการฝึกด้วยยางยืดกระตุ้นหน่วยประสาทสั่งการได้ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อนำมาผสมผสานกันด้วยการฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ตามทฤษฎีการฝึกแบบคอมเพล็กซ์ที่เป็นการระดมหน่วยประสาทสั่งการก่อนเพื่อให้เกิด PAP ด้วยแรงต้านเพื่อให้การฝึกพลัยโอเมตริกทำได้ดีขึ้น และการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด ตามทฤษฎีการฝึกแบบผสมผสานการฝึกที่เป็นการกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์ และกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางพร้อมๆ กัน พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุด และค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ไม่แตกต่างกับการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก และการกระตุ้นด้วยยางยืด อาจเป็นเพราะแรงต้านของยางยืดวงเล็กถูกจัดเป็นแรงต้านระดับเบา เมื่อนำมาทำการฝึกแบบคอมเพล็กซ์จึงอาจไม่สามารถกระตุ้นหน่วยประสาทสั่งการให้มาทำงานในการฝึกพลัยโอเมตริกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อนำมาทำการฝึกแบบผสมผสานโดยที่พลัยโอเมตริกเป็นท่าอยู่ในระดับเบา และยางยืดที่เป็นแรงต้านเบาเมื่อนำมารวมกันแล้วเลยไม่สามารถกระตุ้นหน่วยประสาทสั่งการเพื่อเพิ่มสมรรถภาพให้แตกต่างกับการฝึกรูปแบบอื่นได้ จากเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดจากค่าเริ่มต้นของการกระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (16.21%±8.40% 17.18%±8.18% 12.08%±5.90% และ11.75%±6.52%. ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความเร็วของบาร์เบลสูงสุดจากค่าเริ่มต้น (17.94%±12.52% 18.32%±12.38% 15.47%±9.67% และ13.94%±9.31% ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (10.67%±7.59% 11.52%±10.59% 16.64%±9.38% และ 10.88%±9.54% ตามลำดับ) จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยยางยืดนั้นมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของพลังสูงสุดเพิ่มมากที่สุดโดยเกิดจากความเร็วมากกว่าแรง (18.32%±12.38% และ10.71%±36.46% ตามลำดับ) อาจเกิดจากยางยืดมีแรงต้านต่ำที่จุดเริ่มต้นและแรงต้านลดลงขณะความยาวลดลงมีส่วน

ช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เร็วขึ้น (Baker & Newton, 2009; Ng et al., 2020; Wyland et al., 2015) รองลงมาเป็นการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกมีพลังมากขึ้นเกิดจากความเร็วมากกว่าแรง (17.94%±12.52% และ8.52%±50.69% ตามลำดับ) อาจเกิดจากพลัยโอเมตริกเป็นการกระตุ้นให้เกิดรีเฟล็กซ์ยืดนั้นช่วยให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วขึ้น (Davies et al., 2015) ส่วนการกระตุ้นด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริกนั้นมีพลังมากขึ้นเกิดจากความเร็วแต่สามารถเพิ่มแรงได้มากกว่าการกระตุ้นรูปแบบอื่น (15.47%±9.67% และ19.98%±41.77% ตามลำดับ) อาจเกิดจากทฤษฎีการฝึกแบบคอมเพล็กซ์ที่ช่วยปรับปรุงการผลิตแรง ส่งผลให้เพิ่มความเร็วของการหดของกล้ามเนื้อและแรงที่เกิดขึ้น (Miller & Park, 2014) และการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืดนั้นมีพลังมากขึ้นเกิดจากความเร็วมากกว่าแรง (13.94%±9.31% และ3.73%±38.99% ตามลำดับ) อาจเกิดจากการผสมผสานการฝึกทั้งสองรูปแบบที่เป็นการฝึกความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบการฝึก

นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร ของการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเกิดจากผลของ PAP ลดลงส่งผลให้ความเร็วแสดงออกมาได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากการทดสอบความเร็วในงานวิจัยครั้งนี้ทำเป็นลำดับสุดท้ายห่างจากการกระตุ้นเป็นเวลาประมาณ 13 นาที โดยผลของ PAP จะได้แสดงออกมาได้สูงสุดประมาณ 4-12 นาที (Chatzopoulos et al., 2007; Creekmur et al., 2017; Kilduff et al., 2007; Turner et al., 2015) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าที่จะทำการทดสอบความเร็วเป็นลำดับที่ 1 หรือ 2 (Comyns et al., 2010; Konstantinos et al., 2014; Rahimi, 2007; Sharma et al., 2018) และท่าที่ใช้ในการกระตุ้นในงานวิจัยครั้งนี้มีท่าที่ใช้ทิศทางในการเคลื่อนที่ไม่สอดคล้องกับการวิ่งซึ่งอาจส่งผลต่อความเร็วด้วยเช่นกัน (Lockie et al., 2018; Ng et al., 2020; Turner et al., 2015; Zekri et al., 2019) จากเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 เมตร จากค่าเริ่มต้นของการกระตุ้นด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกด้วยยางยืด การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (-2.03%±2.98% -1.90%±5.36% -1.34%±6.10% และ-1.45%±5.36% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 20 เมตร จากค่าเริ่มต้น (-1.59%±3.45% -2.47%±7.09% -1.64%±5.35% และ-1.69%±7.03% ตามลำดับ) จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยยางยืดมีแนวโน้มพัฒนาความเร็วในการวิ่งได้มากที่สุดอาจเกิดจากคุณสมบัติของยางยืดที่จุดเริ่มออกแรงมีแรงต้านต่ำเป็นการทำให้นักกีฬาสามารถเร่งความเร็วได้อย่างเต็มที่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ส่งผลให้การวิ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Wyland et al., 2015)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ของการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบ พบว่า ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเกิดจากความคล่องแคล่วว่องไวต้องการ

สมรรถภาพในด้านความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อสำหรับการเร่งความเร็ว ลดความเร็ว และเปลี่ยนทิศทางความเร็ว (Lockie et al., 2018; Okuno et al., 2013) เพราะฉะนั้นการเพิ่มพลังจากความเร็วอาจไม่เพียงพอ จากเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวจากค่าเริ่มต้นของการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริก การกระตุ้นด้วยยางยืด การกระตุ้นด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก และการกระตุ้นด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด (-3.07%±4.45% -3.68%±2.64% -2.94%±2.65% และ-2.59%±2.89% ตามลำดับ) จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยยางยืดมีแนวโน้มพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวได้มากที่สุดอาจเกิดจากท่าทางการฝึกในงานวิจัยครั้งนี้ออกแบบให้เฉพาะเจาะจงกับการเคลื่อนไหวของกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพกที่คล้ายคลึงกับการทดสอบที่สามารถเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง ทั้งด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง ทำให้ช่วยส่งเสริมลักษณะการเคลื่อนที่ขณะทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว เนื่องจากระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อสะโพก หัวเข่า และข้อเท้า มีส่วนเกี่ยวข้องกับองศาการเปลี่ยนทิศทางในการทดสอบ เช่นเดียวกับการเคลื่อนไหวของลำตัวที่มีส่วนส่งผลต่อความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง ทำให้การกระตุ้นจะต้องใช้การฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงมากที่สุด (Sasaki et al., 2011; Spiteri et al., 2015)

จากงานวิจัยในครั้งนี้จึงอาจสรุปได้ว่าการกระตุ้นด้วยการฝึกทั้ง 4 รูปแบบนั้น สามารถพัฒนาพลัง จากความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เหมาะกับการนำไปปรับใช้ระหว่างการอบอุ่นร่างกายสำหรับกีฬาที่ต้องการพลังและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก เช่น กีฬาฟุตซอล กีฬาฟุตบอล กีฬาฮอกกี้ เป็นต้น

ข้อจำกัดในการวิจัย

1.จากการวิจัยครั้งนี้อยู่ในช่วงโรคระบาดโควิด-19 กำลังระบาด ส่งผลให้ต้องใช้ความพยายามในการควบคุมการวิจัยที่สูงขึ้น

2.งานวิจัยในครั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดว่าการฝึกด้วยยางยืดวงเล็กสามารถกระตุ้นความหนักได้เท่ากับการฝึกด้วยพลัยโอเมตริก

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้

1. การฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกที่มีแรงกระแทกสูง และการใส่ยางยืดขณะทำพลัยโอเมตริกส่งผลให้นักกีฬาต้องทำการควบคุมร่างกายเพิ่มมากขึ้น นักกีฬาจะต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อพื้นฐานมาก่อนและต้องฝึกปฏิบัติในท่าที่ถูกต้อง โดยมีผู้ดูแล และควบคุมในขณะทำการฝึกอย่างใกล้ชิด

2. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกและยางยืดสามารถเพิ่มพลังสูงสุดได้ทันทีหลังการฝึก ผู้ฝึกสอนควรนำรูปแบบการฝึกไปปรับใช้ก่อนการแข่งขันหรือการฝึกซ้อมจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะ

สามารถเพิ่มพลังสูงสุดและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับชนิดกีฬาที่ต้องการใช้ทั้งพลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น ฟุตบอล ฟุตซอล แฮนด์บอล กีฬาฮอกกี้ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดขณะทำการอบอุ่นร่างกายในกีฬาชนิดอื่นๆ

2. ควรมีการศึกษาผลระดับของแรงต้านของยางยืดวงเล็กในการฝึกต่อสมรรถภาพทางกายของกีฬาชนิดอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาไทย

กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2558). ผลฉับพลันของการใช้ยางยืดที่มีแรงต้านต่างกันต่อพลังสูงสุดของการกระโดดแนวดิ่งในนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชนหญิง. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 16(3), 28-36.

คณาจารย์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2557). สรีรวิทยา. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2545). หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2548). หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2550). ยาง-ยืดชีวิตพิชิตโรค. พิมพ์ดี.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. ธรรกมลการพิมพ์.

ดรุณวรรณ สุขสม. (2552). การบาดเจ็บจากการกีฬา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูล. (2554). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. ตีรณสาร จำกัด.

ถาวร กมุทศรี. (2560). การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย Physical Fitness Conditioning. หจก. มีเดีย เพรส.

ทรงเดช สิงห์ชู, นิรอมลี มะกาเจ, และราตรี เรืองไทย. (2558). การอบอุ่นร่างกายด้วยเทคนิคโพสต์แอคทิ เวชั่น โพเทนทีเอชั่น: ผลแบบเฉียบพลันที่มีต่อพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่ว ว่องไว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, 15(2), 111-122.

นภาพร สัญญะวงค์ และนงนภัส เจริญพานิช. (2561). ผลการฝึกการทรงตัวแบบมีรูปแบบและการฝึกแบบสุ่ม ที่มีต่อการทรงตัวแบบอยู่นิ่งและแบบเคลื่อนไหวในนักกีฬาเทควันโด อายุ 8-12 ปี. วารสาร วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 19(2), 70-83.

พัชรี วงษาสน และสุทธิกร อาภานุกูล. (2562). ผลของการฝึกพลังอดทนโดยใช้การพักภายในรอบที่มีต่อพลังสูงสุด และพลังสูงสุดเฉลี่ย ในนักกีฬารักบี้ฟุตซอลชาย. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 20(2), 71-84.

วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร. (2537). การออกกำลังกาย. โอเดียนสโตร์.

แสงจันทร์ วรสุมันต์, ชาญวิทย์ ผลชีวิน, ไพบูลย์ เลิศวิมลรัตน์, จตุพร ประมลบาล, พยงค์ ขุนเณร, ปิยะกุล แก้วน้ำค้าง, กวิน คเชนทรเดชา, และไกรลาศ ผ่องสว่าง. (2555). คู่มือผู้ตัดสินกีฬาฟุตซอล. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์.

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด. (2551). การฝึกด้วยน้ำหนักการประยุกต์กายวิภาคศาสตร์และ สรีรวิทยาสู่เทคนิคการปฏิบัติ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

สุพิตร สมาหิโต. (2549). การสร้างแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพสำหรับเด็กไทย อายุ 7–18 ปี. พี.เอส.ปริ้นท์.

ภาษาอังกฤษ

Asmussen, E., & BØJe, O. (1945). Body temperature and capacity for work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 10(1), 1-22.

Axen, K., & Axen, K. V. (2001). *Illustrated principles of exercise physiology*. Benjamin-Cummings Publishing Company.

Baker, D. G., & Newton, R. U. (2009). Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1941-1946.

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

Bishop, D. (2003a). Warm up I. *Sports medicine*, 33(6), 439-454.

Bishop, D. (2003b). Warm up II. *Sports medicine*, 33(7), 483-498.

Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in physiology*, 10, 1359.

Brown, S. P., Miller, W. C., & Eason, J. M. (2006). *Exercise physiology: basis of human movement in health and disease*. Lippincott Williams & Wilkins.

Buchthal, F., Kaiser, E., & Knappeis, G. (1944). Elasticity, Viscosity and Plasticity in the Cross Striated Muscle Fibre. *Acta Physiologica Scandinavica*, 8(1), 16-37.

Burkett, L. N., Phillips, W. T., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of strength and conditioning research*, 19(3), 673.

Buttifant, D., & Hrysomallis, C. (2015). Effect of various practical warm-up protocols on acute lower-body power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 656-660.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cambridge, E. D., Sidorkewicz, N., Ikeda, D. M., & McGill, S. M. (2012). Progressive hip rehabilitation: the effects of resistance band placement on gluteal activation during two common exercises. *Clinical Biomechanics*, 27(7), 719-724.

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

Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., & Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.

Christensen, B., Bond, C. W., Napoli, R., Lopez, K., Miller, J., & Hackney, K. J. (2020). The effect of static stretching, mini-band warm-ups, medicine-ball warm-ups, and a light jogging warm-up on common athletic ability tests. *International journal of exercise science*, 13(4), 298.

Comyns, T., Kenny, I., & Scales, G. (2015). Effects of a low-load gluteal warm-up on explosive jump performance. *Journal of human kinetics*, 46, 177.

Comyns, T. M., Harrison, A. J., & Hennessy, L. K. (2010). Effect of squatting on sprinting performance and repeated exposure to complex training in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 610-618.

Cooke, R. (2004). The sliding filament model: 1972–2004. *The Journal of general physiology*, 123(6), 643-656.

Creekmur, C. C., Haworth, J. L., Cox, R. H., & Walsh, M. S. (2016). Effects of plyometrics performed during warm-up on 20 and 40 m sprint performance. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 57(5), 550-555.

Crow, J. F., Buttifant, D., Kearny, S. G., & Hrysomallis, C. (2012). Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 438-442.

Dai, B., Heinbaugh, E. M., Ning, X., & Zhu, Q. (2014). A resistance band increased internal hip abduction moments and gluteus medius activation during pre-landing and early-landing. *Journal of Biomechanics*, 47(15), 3674-3680.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 760.

Distefano, L. J., Blackburn, J. T., Marshall, S. W., & Padua, D. A. (2009). Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(7), 532-540.

Docherty, D., Robbins, D., & Hodgson, M. (2004). Complex training revisited: A review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal*, 26(6), 52.

Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1911-1916.

Farina, D., Holobar, A., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2010). Decoding the neural drive to muscles from the surface electromyogram. *Clinical neurophysiology*, 121(10), 1616-1623.

Flanagan, E. P., & Comyns, T. M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength & Conditioning Journal*, 30(5), 32-38.

Fleck, S., & Kraemer, W. (1987). *Designing Resistance Training Programs*. Champaign, IL: Human Kinetic Publsher: Inc.

Fletcher, I. M., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 885-888.

Foley, R. C., Bulbrook, B. D., Button, D. C., & Holmes, M. W. (2017). Effects of a band loop on lower extremity muscle activity and kinematics during the barbell squat. *International journal of sports physical therapy*, 12(4), 550.

Freitas, V. H. d., Rinaldo, M., Turquino, G. G., Miloski, B., & Ramos, S. d. P. (2019). Training aimed at the development of power and physical performance of futsal players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 21.

García-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E. J., & Latorre-Román, P. A. (2014). Effects of a contrast training program without

external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2452-2460.

Guerra Jr, M. A., Caldas, L. C., De Souza, H. L., Vitzel, K. F., Cholewa, J. M., Duncan, M. J., & Guimarães-Ferreira, L. (2018). The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 51.

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. Human kinetics.

Hamil, J., & Knutzen, K. M. (2009). *Biomechanical basis of human movement* (3 ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports medicine*, 35(7), 585-595.

Hoffman, J. (2006). *Norms for fitness, performance, and health*. Human Kinetics.

Karvonen, J. (1992). Importance of warm-up and cool down on exercise performance. In *Medicine in sports training and coaching* (Vol. 35, pp. 189-214). Karger Publishers.

Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., Hore, A. M., Maw, J. R., & Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *Journal of strength and conditioning research*, 21(4), 1134.

KONSTANTINOS, Z., ATHANASIA, S., POLYXENI, A., GEORGIOS, P., ELIAS, Z., & CHARILAOS, T. (2014). Acute effects of loading using a weighted vest on running performance. *Biology of Exercise*, 10(1).

Kuriki, H. U., Mello, E. M., De Azevedo, F. M., Takahashi, L. S. O., Alves, N., & de Faria Negrão Filho, R. (2012). *The relationship between electromyography and muscle force*. Citeseer.

Lakie, M., & Robson, L. G. (1988). Thixotropic changes in human muscle stiffness and the effects of fatigue. *Quarterly Journal of Experimental Physiology: Translation and Integration*, 73(4), 487-500.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lockie, R. G., Lazar, A., Davis, D. L., & Moreno, M. R. (2018). Effects of postactivation potentiation on linear and change-of-direction speed: analysis of the current literature and applications for the strength and conditioning coach. *Strength & Conditioning Journal*, 40(1), 75-91.

Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *International journal of sports physical therapy*, 6(3), 234.

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

Malloy, P., Morgan, A., Meinerz, C., Geiser, C. F., & Kipp, K. (2016). Hip external rotator strength is associated with better dynamic control of the lower extremity during landing tasks. *Journal of strength and conditioning research*, 30(1), 282.

Mantilla, C. B., & Sieck, G. C. (2013). Neuromotor control in chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Applied Physiology*, 114(9), 1246-1252.

Margaritopoulos, S., Theodorou, A., Methenitis, S., Zaras, N., Donti, O., & Tsolakis, C. (2015). The effect of plyometric exercises on repeated strength and power performance in elite karate athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(2), 310.

Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 68-71.

Mcmaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. R. (2010). Quantification of rubber and chain-based resistance modes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2056-2064.

Mero, A., & Komi, P. V. (1994). EMG, force, and power analysis of sprint-specific strength exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 10(1), 1-13.

Mesquita, L. (2015). *The Science of Warm-up*. https://btgap.org/ 2015/ 09/02/the-science-of-warm-up/

Miller, J., Koh, Y., & Park, C.-G. (2014). Effects of power-based complex training on body composition and muscular strength in collegiate athletes. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(5), 202-207.

Miller, T. A. (2012). *NSCA's Guide to Tests and Assessments*. Human Kinetics.

Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 15(2), 76-80.

Nelson, O. J., & Debeliso, M. (2014). *The impact of hip rotator strength training on agility in male high school soccer players* https://thesportjournal.org/article/the-impact-of-hip-rotator-strength-training-on-agility-in-male-high-school-soccer-layers/

Ng, C. Y., Chen, S. E., & Lum, D. (2020). Inducing postactivation potentiation with different modes of exercise. *Strength & Conditioning Journal*, 42(2), 63-81.

Nobuyuki, M., Motohiko, M., Izumi, T., Noriko, S., Tomohiro, H., & Takeyuki, N. (2012). Relationship between muscle strength and anthropometric, body composition parameters in Japanese adolescents. *Health*, 2012.

Okuno, N. M., Tricoli, V., Silva, S. B., Bertuzzi, R., Moreira, A., & Kiss, M. A. (2013). Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 662-668.

Pinfold, S. C., Harnett, M. C., & Cochrane, D. J. (2018). The acute effect of lower-limb warm-up on muscle performance. *Research in Sports Medicine*, 26(4), 490-499.

Rahimi, R. (2007). The acute effects of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Facta Universitatis-Series: Physical Education and Sport*, 5(2), 163-169.

Raj, S. (2016). *Effect of glute strengthening training with foam rollers and resistance training on selected physical physiological and skill related variables among football players*

Reece, M. B., Arnold, G. P., Nasir, S., Wang, W. W., & Abboud, R. (2020). Barbell back squat: how do resistance bands affect muscle activation and knee kinematics? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000610.

Reiman, M. P., & Manske, R. C. (2009). *Functional testing in human performance*. Human kinetics.

Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

jumping performance. *European journal of applied physiology*, 100(4), 393-401.

Santos, G. M., Tavares, G., Gasperi, G. d., & Bau, G. R. (2009). Mechanical evaluation of the resistance of elastic bands. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 13, 521-526.

Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., & Fukubayashi, T. (2011). The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 112.

Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport physiology for coaches* (Vol. 10). Human Kinetics.

Sharma, S. K., Raza, S., Moiz, J. A., Verma, S., Naqvi, I. H., Anwer, S., & Alghadir, A. H. (2018). Postactivation potentiation following acute bouts of plyometric versus heavy-resistance exercise in collegiate soccer players. *BioMed research international*, 2018.

Smith, C. E., Hannon, J. C., McGladrey, B., Shultz, B., Eisenman, P., & Lyons, B. (2014). The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. *Human Movement*, 15(1), 36-44.

Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214.

Spracklin, K. F., Button, D., & Halperin, I. (2017). Looped band placed around Thighs increases EMG of gluteal muscles without hindering performance during squatting. *J Perform Heal Res*, 1(10.25036).

Spyrou, K., Freitas, T. T., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2020). Physical and physiological match-play demands and player characteristics in futsal: a systematic review. *Frontiers in psychology*, 2870.

Struminger, A. H., Lewek, M. D., Goto, S., & Hibberd, E. (2013). A comparison of gluteus medius, gluteus maximus, and hamstrings activation during five commonly used plyometric exercises. *Clinical Biomechanics*, 28(7), 783-789.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Takeuchi, K., Takemura, M., Nakamura, M., Tsukuda, F., & Miyakawa, S. (2021). Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle plantarflexor muscles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 141-146.

Ten Hoor, G. A., Plasqui, G., Schols, A. M., & Kok, G. (2018). A benefit of being heavier is being strong: A cross-sectional study in young adults. *Sports medicine-open*, 4(1), 1-9.

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, 39(2), 147-166.

Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2014). The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 367-372.

Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of sports science & medicine*, 10(3), 577.

Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P., & Russell, M. (2015). Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 343-350.

Uchida, M. C., Nishida, M. M., Sampaio, R. A. C., Moritani, T., & Arai, H. (2016). Thera-band® elastic band tension: reference values for physical activity. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(4), 1266-1271.

Weineck, J. (1990). *Functional anatomy in sport* (2 ed.). St. Louis : Mosby-Year Book.

Wright, V., & Johns, R. J. (1961). Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue diseases. *Annals of the rheumatic diseases*, 20(1), 36.

Wyland, T. P., Van Dorin, J. D., & Reyes, G. F. C. (2015). Postactivation potentation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(11), 3115-3123.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Galazoulas, C., Bassa, E., & Kotzamanidis, C. (2010). Post-activation potentiation: Factors affecting it and the effect on performance. *Journal of Physical Education & Sport/Citius Altius Fortius*, 28(3).

Zekri, N., Tajali, S. B., & Ghotbi, N. (2019). Immediate Effects of Plyometric Exercises on Speed, Balance and Jump Ability of Amateur Futsal Players: A Randomized Control Trial. *Journal of Modern Rehabilitation*, 13(4), 227-236.

Zois, J., Bishop, D. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. Journal of Science and medicine in Sport, 14(6), 522-528.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

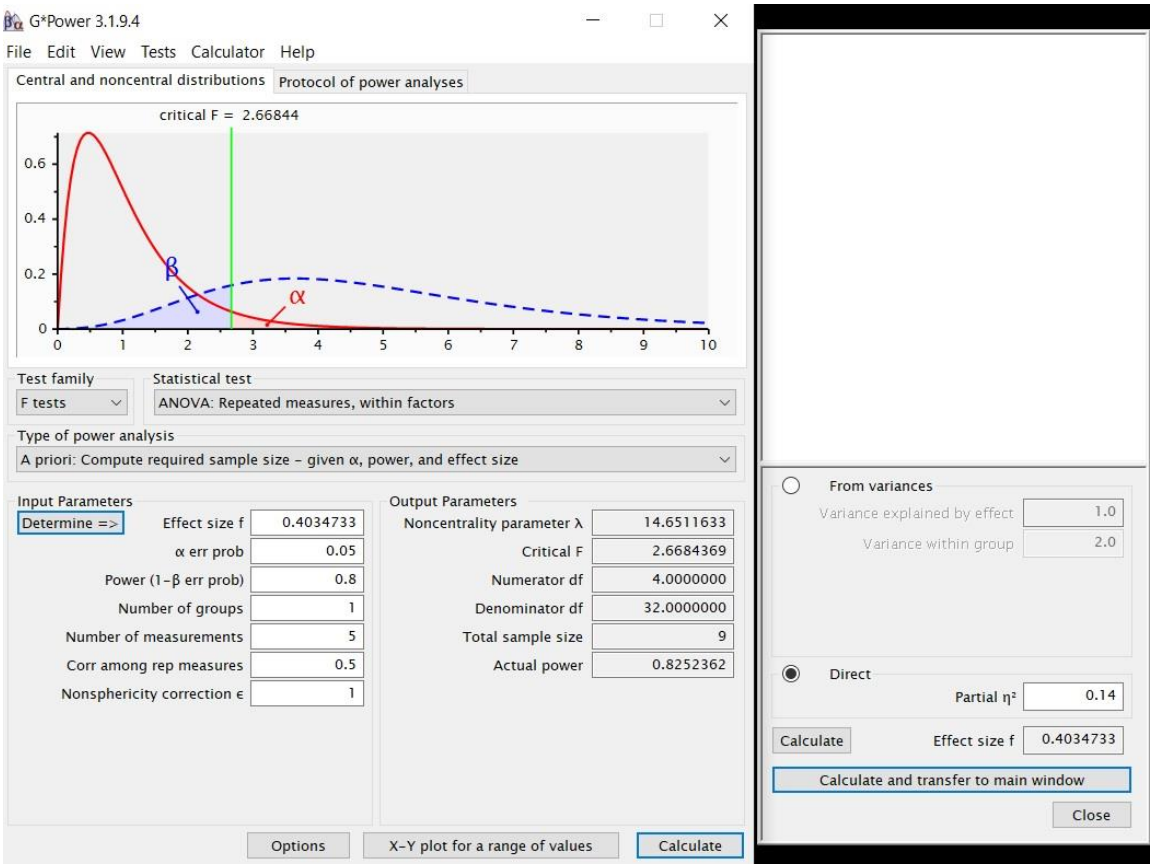
ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power)

คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลของ Christensen et al., (2020) โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.4034 จากการกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอำนาจการทดสอบ 0.8 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 9 คน และเพื่อป้องกันการสูญหาย ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีก 3 คน เป็นทั้งหมด 12 คน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้จีพาวเวอร์

ภาคผนวก ข

แบบคัดกรอง

วันที่...../...../..... รหัสกลุ่ม

ตัวอย่าง.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับ และใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

1. ข้อมูลทั่วไป

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง..... เซนติเมตร

ดัชนีมวลกาย (BMI)..... มวลกล้ามเนื้อ.....กิโลกรัม มวลไขมัน..... กิโลกรัม

ความยาวขา..... เซนติเมตร

เคยเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัย

☐ เคย ☐ ไม่เคย

2. คุณสมบัติทางด้านร่างกาย

ความคล่องแคล่วว่องไวในการทำ Agility T-Test

..... วินาที

3. ปัจจุบัน หรือ ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อหรือกล้ามเนื้อเส้นเอ็น ซึ่งอาการจะแย่ลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น

☐ มี ☐ ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. สรุปคุณสมบัติ

☐ ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนเข้าร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการ สร้างความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อ และความคล่องแคล่วว่องไว และมีของที่ระลึกมอบให้โดยของที่ระลึกเป็นยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower 1 ชุด

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

(นายรวิกานต์ สุขแท้)

ภาคผนวก ค

การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) แผ่นตรวจรับแรงกระแทกและตัวแปลงสัญญาณตำแหน่งของเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด FT 700 power system ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรม Ballistic Measurement system

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

1. วางแผ่นน้ำหนักจำนวนหนึ่งลงบนแผ่นตรวจจับแรงกระแทก พร้อมป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์หน่วยเป็นนิวตัน ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 แสดงการวางแผ่นน้ำหนักลงบนแผ่นรับแรงกระแทก

2. วางแผ่นน้ำหนักเพิ่มลงไปบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก พร้อมทั้งป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์หน่วยเป็นนิวตัน ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงการวางแผ่นน้ำหนักลงบนแผ่นรับแรงกระแทก

3. ซอฟท์แวร์จะทำการวิเคราะห์ และบันทึกการข้อมูลการสอบเทียบ

หมายเหตุ: ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้แผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศสหรัฐอเมริกา ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 แผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศสหรัฐอเมริกา

วิธีการสอบเทียบเครื่องมือตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง

1. ทำการวัดระยะของตำแหน่งบาร์เบลล์ระหว่าง 2 จุด มีหน่วยเป็นเมตร ดังรูปที่ 9

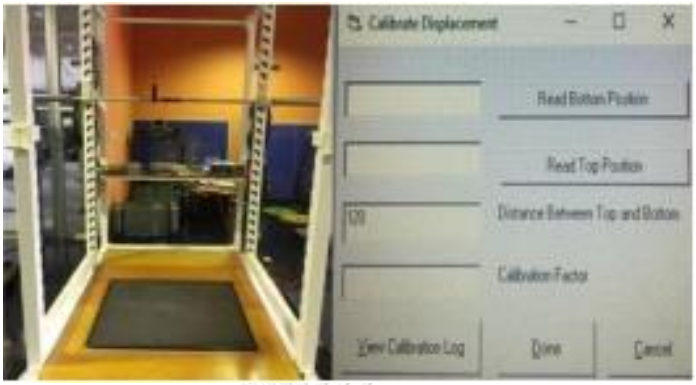
รูปที่ 9 แสดงการวัดระยะห่างหมายเลข 1 และ 16 ได้ 120 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. นำบาร์เบลวางบนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบล (Safety bar) ซึ่งอยู่ในระดับความสูงหมายเลข 1 และป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 แสดงบาร์เบลอยู่บนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบล ซึ่งวางอยู่ในช่องหมายเลข 1

3. ยกบาร์เบลขึ้นวางบนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบล (Safety bar) ในระดับความสูงหมายเลข 16 พร้อมป้อนค่าลงในซอฟต์แวร์ และบันทึกผล ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงบาร์เบลอยู่บนแท่นป้องกันการหล่นของบาร์เบลซึ่งวางอยู่ในช่องหมายเลข 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

วิธีการทดสอบค่าพลังสูงสุด ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วบาร์เบลสูงสุด ความเร็ว และ ความคล่องแคล่วว่องไว

รูปที่ 12 เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด FT 700 power system

เครื่องมือ : เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (FT 700 power system)

วิธีการทดสอบ

1. ให้กลุ่มตัวอย่างไปยืนเตรียมตัวทดสอบบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate)

2. ผู้วิจัยจะทำการอธิบายวิธีการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ

3. เมื่อได้ยินสัญญาณเริ่มให้ผู้ทดสอบทำการกระโดดในท่า Countermovement jump ย่อตัวเข่าเป็นมุม 90 องศา โดยกระโดด 1 ครั้ง โดยใช้ความพยายามสูงสุด

4. ทำทั้งหมด 3 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 30 วินาที เลือกครั้งที่ได้ค่าพลังสูงสุดมากที่สุด

แบบทดสอบความเร็ว (Speed)

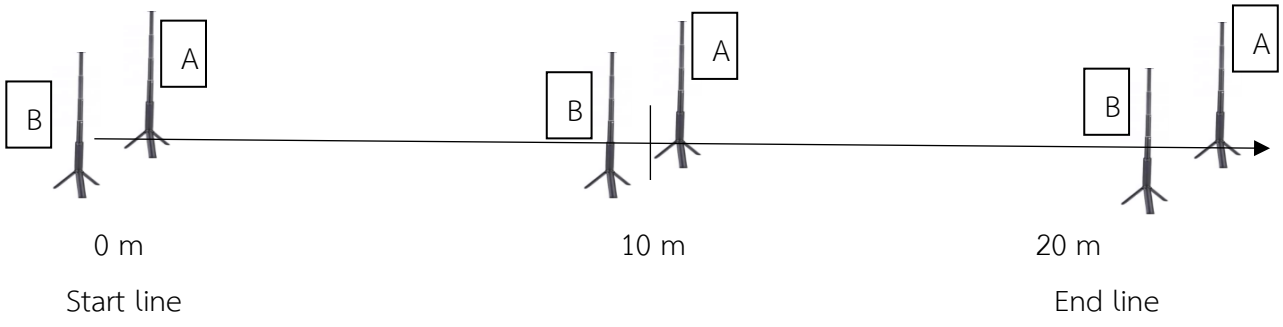
รูปที่ 13 เครื่องวัดความสามารถในการวิ่ง ยี่ห้อ Swift Speed Light timing & training systems (Australia)

เครื่องมือ : Swift Speed light timing & training systems (Australia)

วิธีการทดสอบ

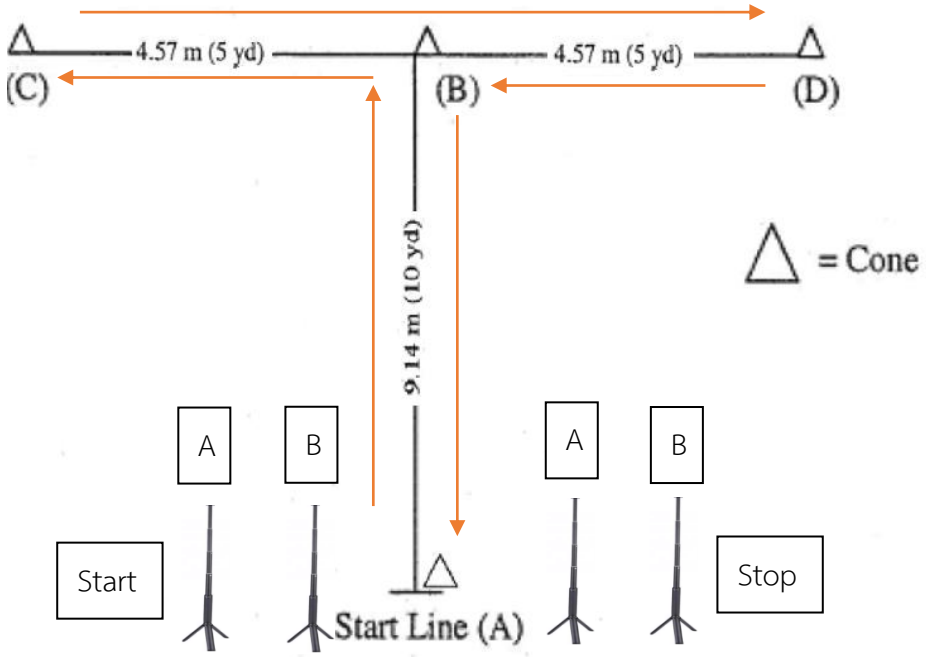
1. เตรียมรูปแบบการทดลองและจัดวางเครื่องมือ Swift Speed light เป็นคู่ ได้แก่คู่ A และ B ซึ่งแต่ละคู่จะทำการตัดเวลาเมื่อวิ่งผ่าน ดังรูปที่ 14
2. ผู้วิจัยจะทำการอธิบายวิธีการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ
3. ให้กลุ่มตัวอย่างรอยังจุดเริ่มต้น (Start line)
4. เมื่อได้ยินสัญญาณ ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดไปยังจุดสิ้นสุด (End line)
5. ทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาที เลือกครั้งที่เร็วที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 14 แบบทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร

แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)



รูปที่ 15 ภาพแสดงแบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว
ประยุกต์จาก Sahin (Sahin, 2014)

เครื่องมือ : Swift Speed light timing & training systems (Australia) และ กรวย 4 อัน

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมรูปแบบการทดสอบและจัดวางเครื่องมือ Swift Speed light เป็นคู่ ได้แก่คู่ A, B ซึ่งแต่ละคู่จะทำการตัดเวลาเมื่อวิ่งผ่าน ดังรูปที่ 15
2. ผู้วิจัยจะทำการอธิบายวิธีการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ
3. เมื่อได้ยินสัญญาณ ให้วิ่งออกจากจุดเริ่มต้น A โดยจะต้องวิ่งให้เร็วที่สุดไปยังจุด B
4. Slide-step จากจุด B ไปจุด C
5. Slide-step จากจุด C ไปจุด D
6. Slide-step จากจุด D ไปจุด B
7. วิ่งถอยหลังจาก B ไปจุด A
8. ทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาที เลือกครั้งที่เร็วที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ
วิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing)

จับสลากแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยการกระตุ้นวิธีที่ต่างกัน 4 รูปแบบด้วยวิธีการถ่วงดุลลำดับ (counterbalancing) ดังตารางที่ 8

รูปแบบที่ 1 การฝึกพลัยโอเมตริก

รูปแบบที่ 2 การฝึกด้วยยางยืด

รูปแบบที่ 3 การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก

รูปแบบที่ 4 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด

ตารางที่ 8 วิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing)

	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 4
สัปดาห์ที่ 4	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2
สัปดาห์ที่ 5	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3
สัปดาห์ที่ 6	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 4
สัปดาห์ที่ 7	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

แบบบันทึกข้อมูล

ผลการทดสอบ **เลขรหัสกลุ่มตัวอย่าง.....**

การทดสอบพลังสูงสุด

	ก่อนการทดลอง			พลัยโอเมตริก			ยางยืด			ยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก			พลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด		
ครั้งที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Power															
Force															
Velocity															

การทดสอบความเร็วในการวิ่งระยะ 10 และ 20 เมตร

	ก่อนการทดลอง		พลัยโอเมตริก		ยางยืด		ยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก		พลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด	
10 เมตร	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
20 เมตร	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility T-Test)

ก่อนการทดลอง		พลัยโอเมตริก		ยางยืด		ยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก		พลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด	
ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2

ภาคผนวก ฌ

โปรแกรมการฝึก

ตารางที่ 9 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก

	จำนวนครั้ง	ระยะเวลาพัก (วินาที)	จำนวนรอบ	จังหวะการทำ	จำนวนรวม (ครั้ง)
Double leg front & back jump	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	30	2	เร็ว	48
Single leg lateral jump	8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	30	2	เร็ว	
Split squat jump	8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)	30	2	เร็ว	

หมายเหตุ: ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด

ตารางที่ 10 การฝึกด้วยยางยืด

	จำนวนครั้ง	ระยะเวลาพัก (วินาที)	จำนวนรอบ	จังหวะการทำ	จำนวนรวม (ครั้ง)
Mini-band squat walk forward & backward	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	30	2	เร็ว	48
Mini-band squat lateral walk	8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)	30	2	เร็ว	
Mini-band monster walk	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	30	2	เร็ว	

หมายเหตุ: เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก

	จำนวนครั้ง	ระยะเวลาพัก (วินาที)	จำนวนรอบ	จังหวะการทำ	จำนวนรวม (ครั้ง)
Mini-band squat walk forward & backward	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	30	1	เร็ว	48
Mini-band squat lateral walk	8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)	30	1	เร็ว	
Mini-band monster walk	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	30	1	เร็ว	
Double leg front & back jump	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	30	1	เร็ว	
Single leg lateral jump	8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	30	1	เร็ว	
Split squat jump	8 ครั้ง (4 ครั้ง ต่อขา)	30	1	เร็ว	

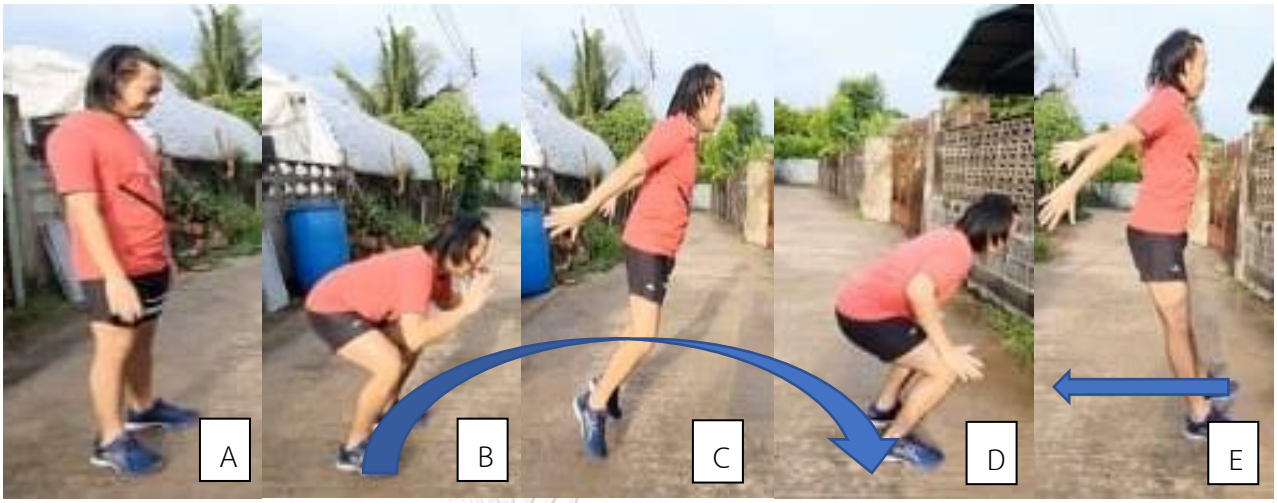
หมายเหตุ: -ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด
-เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด

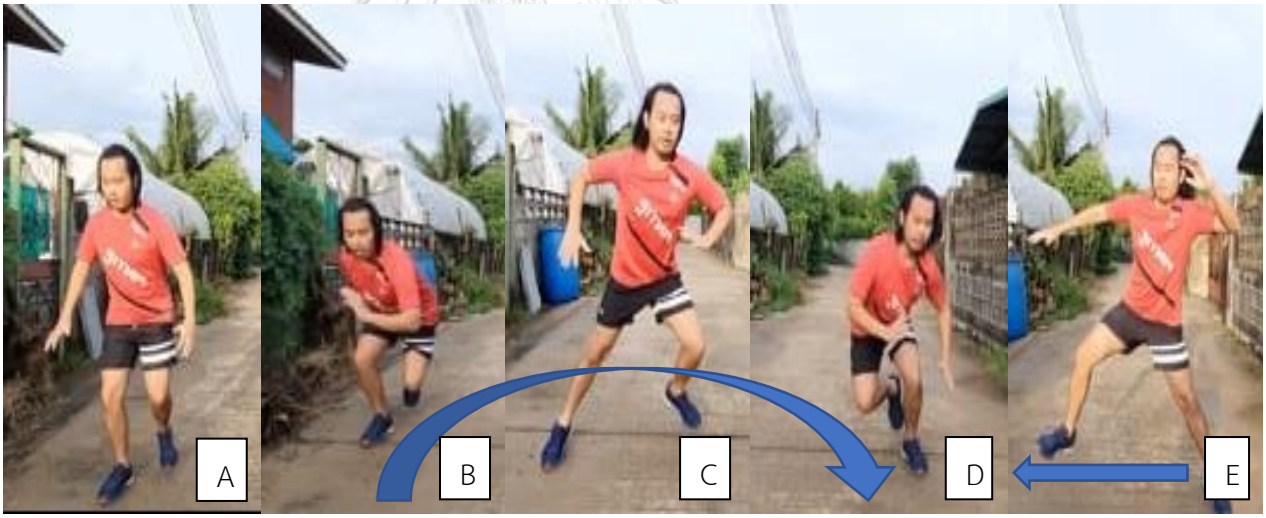
	จำนวนครั้ง	ระยะเวลาพัก (วินาที)	จำนวนรอบ	จังหวะการทำ	จำนวนรวม (ครั้ง)
Mini-band double leg front & back jump	8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	30	2	เร็ว	48
Mini-band single leg lateral jump	8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	30	2	เร็ว	
Mini-band split squat jump	8 ครั้ง (4 ครั้ง ต่อขา)	30	2	เร็ว	

หมายเหตุ: ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด



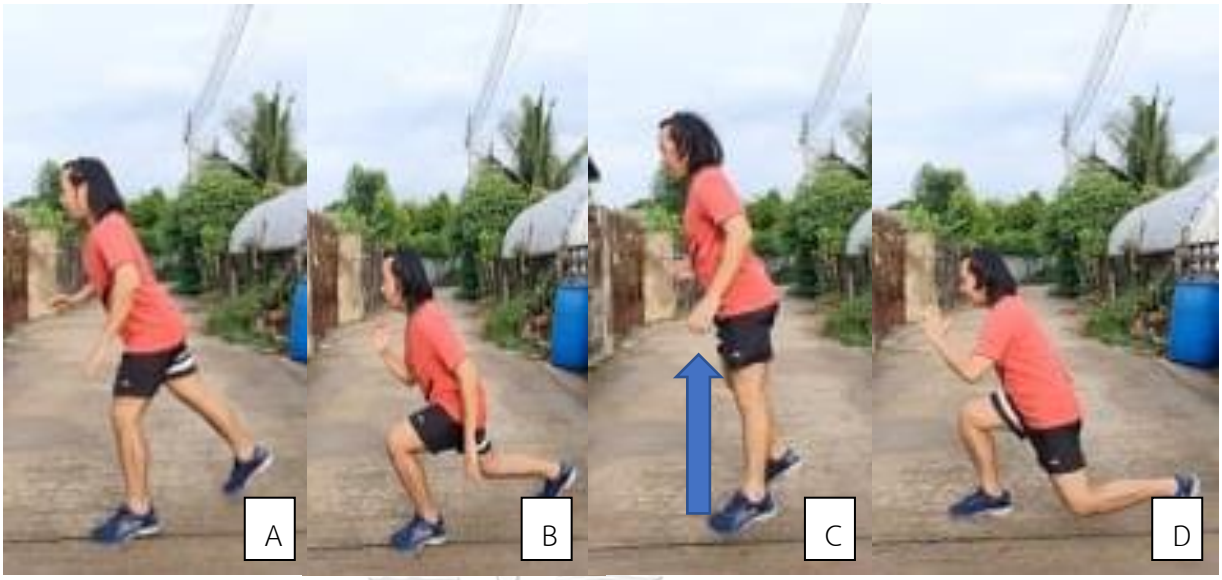
รูปที่ 16 การทำท่า Double leg front & back jump

ยืนเตรียมพร้อม ดังรูป 16A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 16B จากนั้นทำการกระโดดไปด้านหน้า ดังรูป 16C เมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 16D เมื่อกระโดดไปด้านหน้าครบจำนวนที่กำหนดจากนั้นทำการกระโดดไปด้านหลัง ดังรูป 16E ทำจนครบจำนวนที่กำหนด



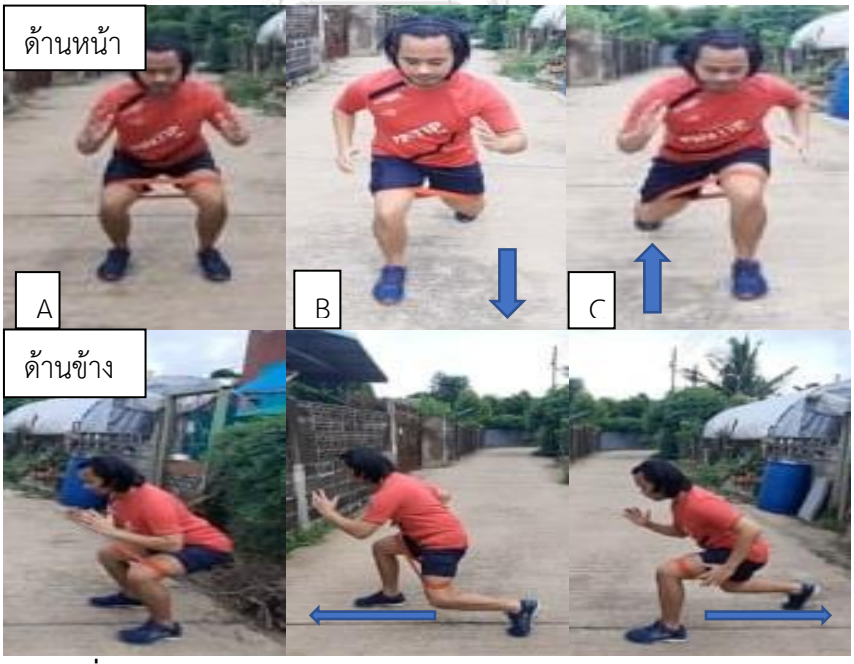
รูปที่ 17 การทำท่า Single leg Lateral jump

ยืนเตรียมพร้อม ดังรูป 17A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 17B จากนั้นทำการกระโดดไปด้านข้าง ดังรูป 17C เมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 17D แล้วออกแรงกระโดดไปอีกด้านทันที ดังรูป 17E ทำจนครบจำนวนที่กำหนดทั้งด้านซ้ายและขวา



รูปที่ 18 การทำท่า Split squat jump

ยืนแยกขาเตรียมพร้อม ดังรูป 18A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่าของขาด้านหน้า 90 องศา ดังรูป 18B จากนั้นทำการกระโดด ดังรูป 18C แล้วทำการสลับขาอีกข้างให้มาอยู่ด้านหน้าและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 18D แล้วออกแรงกระโดดทันที ทำสลับข้างจนครบจำนวนที่กำหนด



รูปที่ 19 การทำท่า Mini-band squat walk forward & backward

เตรียมพร้อมด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา ดังรูป 19A จากนั้นทำการก้าวขาไปด้านหน้า ดังรูป 19B เมื่อครบจำนวนที่กำหนดจากนั้นทำการก้าวขาถอยหลัง ดังรูป 19C จนครบจำนวนที่กำหนด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

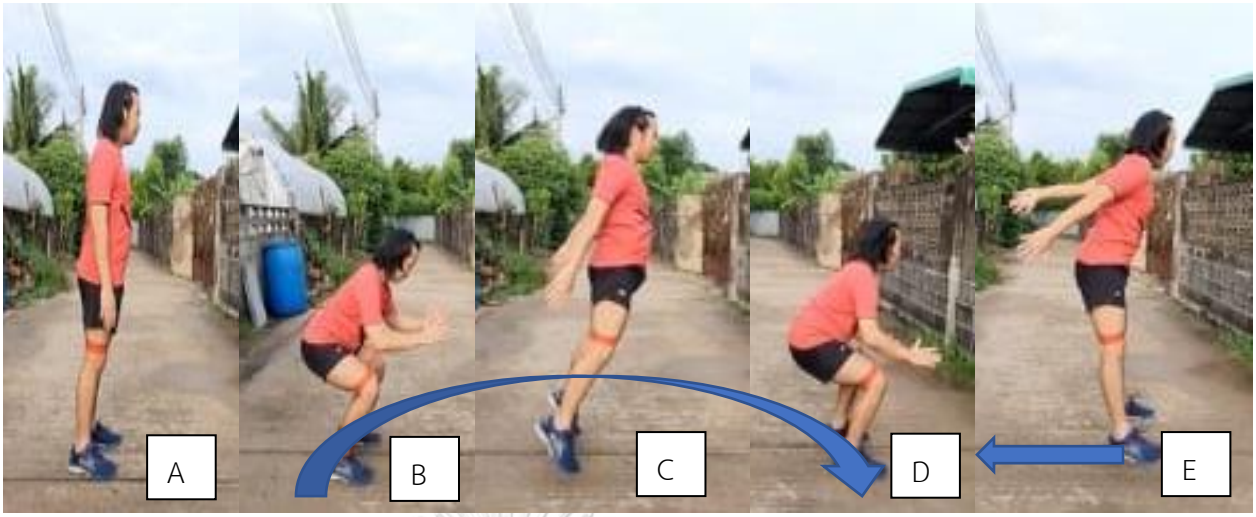
รูปที่ 20 การทำท่า Mini-band squat lateral walk

เตรียมพร้อมด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา ดังรูป 20A ก้าวขาไปด้านข้าง ดังรูป 20B จากนั้นก้าวขาอีกข้างตามกลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น ดังรูป 20C ทำจนครบจำนวนที่กำหนดทั้งก้าวไปด้านซ้ายและด้านขวา

CHULALONGKORN UNIVERSITY

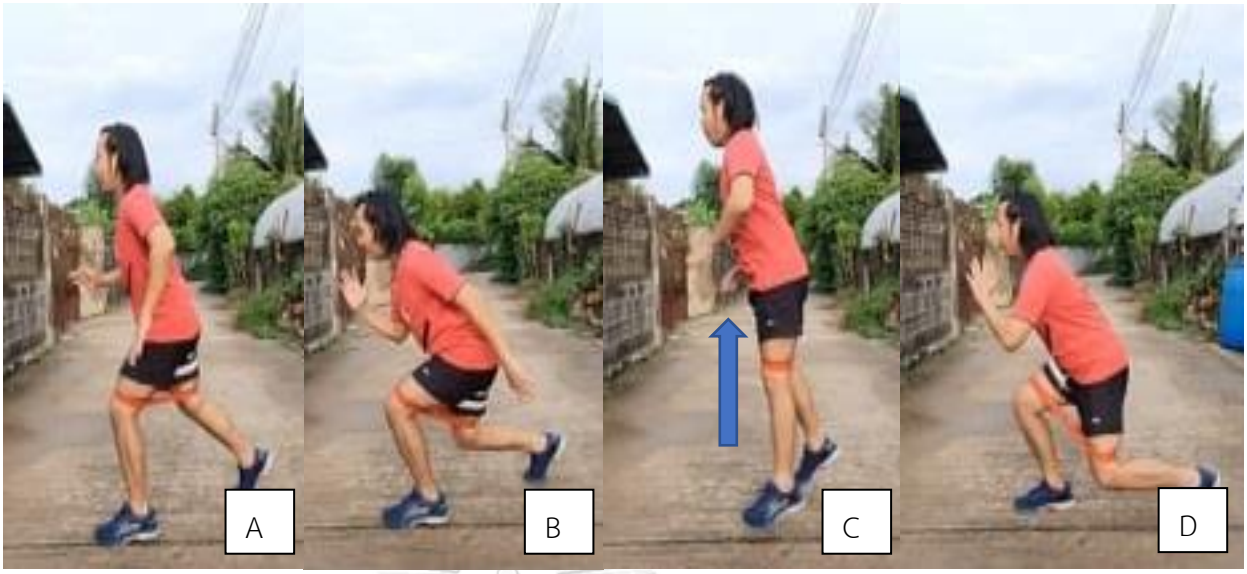
รูปที่ 21 การทำท่า Mini-band monster walk

เตรียมพร้อมด้วยการทำท่าสควอทย่อตัวลงหัวเข่าเป็นมุม 90 องศา ดังรูป 21A จากนั้นก้าวขาไปด้านหน้าเฉียง 45 องศา ดังรูป 21B และก้าวขาอีกข้างตามกลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น ดังรูป 21C ทำจนครบจำนวนที่กำหนดทั้งก้าวไปด้านหน้าและถอยหลัง



รูปที่ 22 การทำท่า Mini-band double leg front & back jump
ยืนเตรียมพร้อม ดังรูป 22A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 22B จากนั้นทำการกระโดดไปด้านหน้า ดังรูป 22C เมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 22D เมื่อกระโดดไปด้านหน้าครบจำนวนที่กำหนดจากนั้นทำการกระโดดไปด้านหลัง ดังรูป 22E ทำจนครบจำนวนที่กำหนด

รูปที่ 23 การทำท่า Mini-band single leg Lateral jump
ยืนเตรียมพร้อม ดังรูป 23A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 23B จากนั้นทำการกระโดดไปด้านข้าง ดังรูป 23C เมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 23D แล้วออกแรงกระโดดไปอีกด้านทันที ดังรูป 23E ทำจนครบจำนวนที่กำหนดทั้งด้านซ้ายและด้านขวา



รูปที่ 24 การทำท่า Mini-band split squat jump

ยืนแยกขาเตรียมพร้อม ดังรูป 24A ย่อตัวลงจนมุมหัวเข่าของขาด้านหน้า 90 องศา ดังรูป 24B จากนั้นทำการกระโดด ดังรูป 24C แล้วทำการสลับขาอีกข้างให้มาอยู่ด้านหน้าและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้ย่อหัวเข่า 90 องศา ดังรูป 24D แล้วออกแรงกระโดดทันที ทำสลับข้างจนครบจำนวนที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก่อนเริ่มต้นการกระตุ้นด้วยการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืด

<u>การหาความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน</u>

การหาความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน จะใช้น้ำหนักไร้ไขมันของนักกีฬาแต่ละคนมาเลือกความหนักของยางยืด ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การหาความหนักที่เหมาะสมของยางยืดที่ใช้ฝึกของนักกีฬาแต่ละคน

น้ำหนักไร้ไขมัน (กิโลกรัม)	ความหนักของยางยืดเมื่อยืดออก 100% (กิโลกรัม)	% ต่อน้ำหนักไร้ไขมัน
55 - 65	6.60 (สีแดง)	12% - 10.15%
66 - 80	8.30 (สีน้ำเงิน)	12.57% - 10.37%
81 - 90	9.90 (สีดำ)	12.22% – 11%

หมายเหตุ: เกณฑ์นี้ใช้ข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักไร้ไขมันและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของ Ten Hoor et al. (2018) และ Nobuyuki et al. (2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

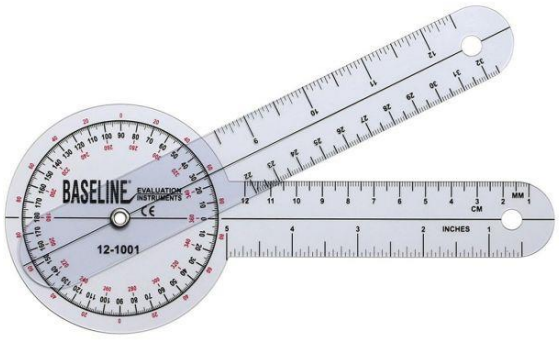
ภาคผนวก ญ
คุณสมบัติของยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower

ตารางที่ 14 ตารางแสดงคุณสมบัติยางยืดวงเล็ก (Mini-band) แต่ละสีของยี่ห้อ Chrispower

ระดับของแรงต้าน		เบา (Light)	ปานกลาง (Medium)	หนัก (Heavy)
สีของยาง		แดง (Red)	น้ำเงิน (Blue)	ดำ (Black)
ความหนา		0.80 มม.	1.00 มม.	1.20 มม.
ความยาว		27.5 ซม.		
แรงดึง (Pull strength)	100 %	6.60 กก.	8.30 กก.	9.90 กก.
	200 %	9.90 กก.	12.10 กก.	14.30 กก.
	300 %	13.80 กก	17.10 กก.	20.40 กก.
	400 %	18.70 กก.	23.70 กก.	28.60 กก.
	500 %	24.80 กก.	30.80 กก.	37.40 กก.

รูปที่ 25 ยางยืดวงเล็ก (Mini-band) ยี่ห้อ Chrispower

เครื่องวัดมุมข้อต่อ (Goniometer)



รูปที่ 26 เครื่องวัดมุมข้อต่อ (Goniometer)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฎ

ทำการอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ดังนี้

1.1 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาทางด้านหน้าในท่าวอล์กกิ้ง ควอดไดรเซฟฟ์ สเตรทช์ (Walking quadriceps stretch) ข้างละ 10 ครั้ง

รูปที่ 27 ทำการยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในท่าวอล์กกิ้ง ควอดไดรเซฟฟ์ สเตรทช์ (Walking quadriceps stretch)

1.2 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่องและต้นขาด้านหลัง ในท่าสแทนดิ่ง คาล์ฟ แอน แฮมสตริง สเตรทช์ (Standing calf and hamstring stretch) ข้างละ 10 ครั้ง

รูปที่ 28 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่องและต้นขาด้านหลัง ในสแทนดิ่งคาล์ฟ แอนแฮมสตริง สเตรทช์ (Standing calf and hamstring stretch)

1.3 ยืดเหยียดกลุ่มเนื้อสะโพกในท่าดึงเข่า (Knee to chest walking) ข้างละ 10 ครั้ง

รูปที่ 29 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (Knee to chest walking)

1.4 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพกในท่าย่อก้าวด้านข้าง (Side lunge) ข้างละ 10 ครั้ง

รูปที่ 30 ยืดเหยียดในท่าก้าวย่อด้านข้าง (Side lunge)

1.5 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพกในท่าก้าวย่อด้านหน้า (Forward lunge) ข้างละ 10 ครั้ง

รูปที่ 31 ยืดเหยียดในท่าก้าวย่อด้านหน้า (Forward lunge)

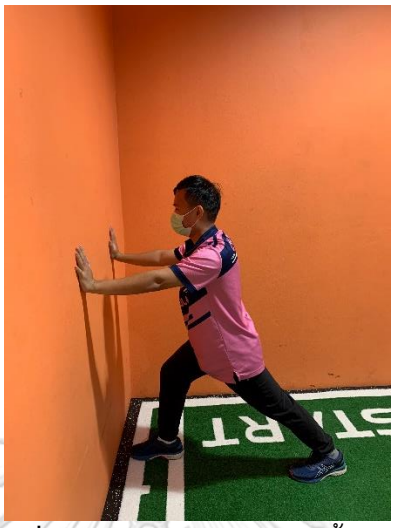
1.6 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพกในท่า บอดี้เวท สควอท (Bodyweight squat) 10 ครั้ง

รูปที่ 32 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อขาและสะโพกในท่า บอดี้เวท สควอท (Bodyweight squat)

ภาคผนวก ฐ

ทำการคลายอุ่นร่างกาย (Cool down) หลังจากการทดสอบ

1. ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง ข้างละ 30 วินาที

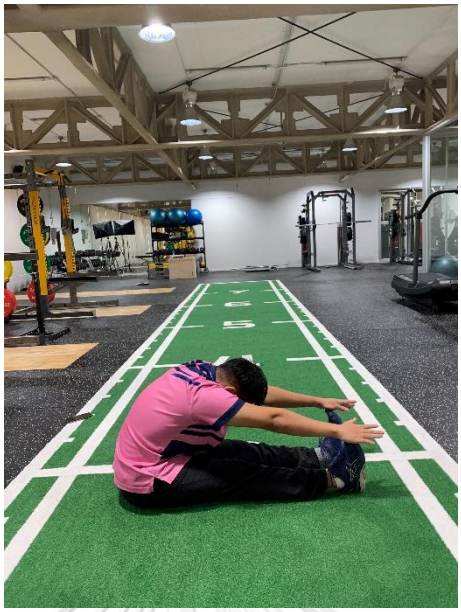


รูปที่ 33 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง

2. ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ข้างละ 30 วินาที

รูปที่ 34 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

3. ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง 30 วินาที

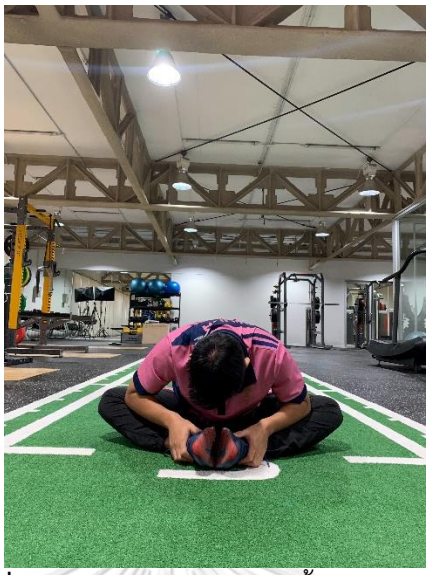


รูปที่ 35 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามต้นขาด้านหลัง

4. ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อก้น ข้างละ 30 วินาที

รูปที่ 36 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อก้น

5. ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน 30 วินาที



รูปที่ 37 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฑ

ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test

ตารางที่ 15 ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ การกระจายตัว Shapiro-Wilk test

ตัวแปร	ค่าเริ่มต้น (n=9)	PLYO (n=9)	BAND (n=9)	BAPL (n=9)	CBBP (n=9)
พลังสูงสุด	0.13	0.64	0.22	0.51	0.32
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด	0.71	0.60	0.79	0.85	0.17
ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด	0.90	0.01*	0.11	0.07	0.92
เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 เมตร	0.17	0.93	0.80	0.17	0.18
เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 20 เมตร	0.94	0.16	0.63	0.55	0.10
ความคล่องแคล่วว่องไว	0.35	0.06	0.40	0.21	0.57

*p < 0.05

จากตารางที่ 15 พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของค่าความเร็วของบาร์เบลสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดั้งนั้นจึงใช้สถิติ Friedman test ในการทดสอบ ส่วนค่าพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด เวลาในการทดสอบความเร็วระยะ 10 และ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่พบความแตกต่างจึงใช้สถิติ One-way repeated measures ANOVA ในการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฒ

การประเมินคุณภาพ IOC

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. นายรักษ์พล สายเนตรงาม	หัวหน้าผู้ฝึกสอนฟุตซอลชายทีมชาติไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญกรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกและการทดสอบ จากโครงการวิจัยเรื่องการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลัยโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

โดยใส่เครื่องหมาย (√) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรม	**ผลพิจารณา**			**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**
	เห็นด้วย +1	**ไม่แน่ใจ 0**	**ไม่เห็นด้วย -1**	
รายละเอียดของโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการฝึกของทั้ง 4 โปรแกรม				
1. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริก				
1.1 ท่า Double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)				
1.2 ท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)				
1.3 ท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)				
1.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ				
1.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง				
1.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที				
1.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที				
2. การฝึกด้วยยางยืด				
2.1 ท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)				
2.2 ท่า Mini-band squat lateral walk จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ท่า Mini-band monster walk จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)				
2.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ				
2.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง				
2.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที				
2.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที				
3. การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก				
3.1 ท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)				
3.2 ท่า Mini-band squat lateral walk จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)				
3.3 ท่า Mini-band monster walk จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)				
3.4 ท่า Double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)				
3.5 ท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)				
3.6 ท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)				
3.7 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 1 รอบ				
3.8 จำนวนรวม 48 ครั้ง				
3.9 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที				
3.10 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที				
4. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด				
4.1 ท่า Mini-band double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)				
4.2 ท่า Mini-band single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)				
4.3 ท่า Mini-band split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้ง ต่อขา)				
4.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ				
4.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง				
4.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<table>
<tr><td colspan="2">4.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">5. ความหนักของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน</td></tr>
<tr><td colspan="2">5.1 น้ำหนักไร้ไขมัน (กิโลกรัม)
55 – 65
66 – 80
81 – 90</td><td>ความหนักของยางยืดเมื่อยืดออกเต็มที่ 55 เซนติเมตร (กิโลกรัม)
6.60 (สีแดง)
8.30 (สีน้ำเงิน)
9.90 (สีดำ)</td><td>% ต่อน้ำหนักไร้ไขมัน
12% - 10.15%
12.57% - 10.37%
12.22% – 11%</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">6. ท่าที่ใช้ในการฝึก</td></tr>
<tr><td colspan="2">6.1 ท่า Double leg front & back jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)
 </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">6.2 ท่า Single leg lateral jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)
 </td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

6.3 ท่า Split squat jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด) 				
6.4 ท่า Mini-band squat walk forward & backward ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น) 				

ทยาลัย
NIVERSITY

6.5 ท่า Mini-band squat lateral walk ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น) 				
6.6 ท่า Mini-band monster walk ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น) 				
6.7 ท่า Mini-band double leg front & back jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)				

6.8 ท่า Mini-band single leg lateral jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด) 				
6.9 ท่า Mini-band split squat jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด) 				
รวม				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงนาม.....ผู้ประเมิน

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก **การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruenece; IOC**						
เนื้อหาโปรแกรม	**ผลพิจารณา**					**เฉลี่ย**
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 4**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 5**	
รายละเอียดของโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการฝึกของทั้ง 4 โปรแกรม						
1. การฝึกด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก						
1.1 ท่า Double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
1.2 ท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
1.3 ท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)	1	1	1	1	1	1
1.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ	1	1	1	1	1	1
1.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง	1	1	1	1	1	1
1.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที	1	1	0	1	1	0.8
1.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที	1	1	0	1	1	0.8
2. การฝึกด้วยยางยืด						
2.1 ท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1
2.2 ท่า Mini-band squat lateral walk จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1
2.3 ท่า Mini-band monster walk จำนวนครั้ง 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ	1	1	1	1	1	1
2.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง	1	1	1	1	1	1
2.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที	1	1	0	1	1	0.8
2.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที	1	1	0	1	0	0.6
3. การฝึกด้วยยางยืดตามด้วยพลัยโอเมตริก						
3.1 ท่า Mini-band squat walk forward & backward จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1
3.2 ท่า Mini-band squat lateral walk จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ก้าว ด้านขวา 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1
3.3 ท่า Mini-band monster walk จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ก้าว ด้านหลัง 4 ก้าว)	1	1	1	1	1	1
3.4 ท่า Double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
3.5 ท่า Single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
3.6 ท่า Split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้งต่อขา)	1	1	1	1	1	1
3.7 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 1 รอบ	1	1	1	1	1	1
3.8 จำนวนรวม 48 ครั้ง	1	1	1	1	1	1
3.9 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที	1	1	0	1	1	0.8
3.10 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที	1	1	0	1	1	0.8
4. การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกร่วมกับยางยืด						
4.1 ท่า Mini-band double leg front & back jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านหน้า 4 ครั้ง ด้านหลัง 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ท่า Mini-band single leg lateral jump จำนวน 8 ครั้ง (ด้านซ้าย 4 ครั้ง ด้านขวา 4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
4.3 ท่า Mini-band split squat jump จำนวน 8 ครั้ง (4 ครั้ง ต่อขา)	1	1	1	1	1	1
4.4 จำนวนในการกระตุ้นท่าละ 2 รอบ	1	1	1	1	1	1
4.5 จำนวนรวม 48 ครั้ง	1	1	1	1	1	1
4.6 ระยะเวลาพักระหว่างท่า 30 วินาที	1	1	0	1	1	0.8
4.7 ระยะเวลาในการกระตุ้น 4 นาที	1	1	0	1	1	0.8
5. ความหนักของยางยืดที่ใช้กระตุ้นของนักกีฬาแต่ละคน	1	0	1	1	0	0.6
6. ท่าที่ใช้ในการฝึก						
6.1 ท่า Double leg front & back jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
6.2 ท่า Single leg lateral jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
6.3 ท่า Split squat jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
6.4 ท่า Mini-band squat walk forward & backward ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัส	1	1	1	1	1	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พื้น)						
6.5 ท่า Mini-band squat lateral walk ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น)	1	1	1	1	1	1
6.6 ท่า Mini-band monster walk ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (เดินให้สุดแรงตึงของยางยืดในแต่ละครั้งและก้าวต่อทันทีเมื่อเท้าสัมผัสพื้น)	1	1	1	1	1	1
6.7 ท่า Mini-band double leg front & back jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
6.8 ท่า Mini-band single leg lateral jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
6.9 ท่า Mini-band split squat jump ย่อตัวให้มุมเข่าทำมุม 90 องศา (ออกแรงในการกระโดดอย่างเต็มที่และใช้เวลาในการสัมผัสพื้นให้น้อยที่สุด)	1	1	1	1	1	1
เฉลี่ย	1	0.98	0.8	1	0.95	0.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ณ

งบประมาณในงานวิจัย

ตารางที่ 16 งบประมาณในงานวิจัย

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. หมวดค่าตอบแทน	
1.1 ค่าชดเชยการเสียเวลาและค่าเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง (7 วัน x 12 คน x 100 บาท)	8,400
2. หมวดค่าจ้างชั่วคราว	
2.1 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย เหมาจ่าย 3,000 บาท x 1 คน	3,000
3. หมวดค่าใช้สอย	
3.1 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	5,000
3.2 ค่าของว่าง น้ำดื่มสำหรับกลุ่มตัวอย่าง (7 วัน x 12 คน x 30 บาท)	2,520
4. หมวดค่าวัสดุ	
4.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองทางวิทยาศาสตร์และเวชภัณฑ์ เช่น แอลกอฮอล์ล้างมือ หน้ากากอนามัย เป็นต้น	2,000
4.2 ค่าของที่ระลึกสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย (ยางยืด) (12 คน x 280 บาท/ชุด)	3,360
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)	**22,480**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ด

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 02-218-3202, 02-218-3049 Email: eccu@chula.ac.th

COA No. 039/65

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 640231 : การตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกพลีโอเมตริกและยางยืดที่มีต่อพลัง ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ขณะทำการอบอุ่นร่างกายในนักกีฬาฟุตซอลชาย

ผู้วิจัยหลัก : นาย ริวิกานต์ สุขแท้

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลงนาม (รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ปรีดา ทัศนประดิษฐ) ประธาน

ลงนาม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์) กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 17 กุมภาพันธ์ 2565

วันหมดอายุ : 16 กุมภาพันธ์ 2566

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1. เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย
2. โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
3. แผนการดำเนินการ
4. ประวัติ
5. งบประมาณ
6. เครื่องมือวิจัย
7. ใบประชาสัมพันธ์

เงื่อนไข

1. ข้อพึงปฏิบัติในการดำเนินการวิจัย
2. การดำเนินการวิจัยต้องสอดคล้องกับเอกสารที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ให้ผู้วิจัยรายงานความก้าวหน้าของการดำเนินการวิจัยทุกๆ 1 ปี นับจากวันที่โครงการได้รับการรับรอง
5. ผู้วิจัยต้องรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัย ภายใน 5 วันทำการ
6. ผู้วิจัยต้องขอแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย ก่อนดำเนินการ
7. ผู้วิจัยต้องส่งรายงานการยุติโครงการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยสิ้นสุด
8. ผู้วิจัยต้องส่งรายงานการปิดโครงการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยสิ้นสุด

เลขที่โครงการวิจัย 640231
วันที่รับรอง 17 ก.พ. 2565
วันที่หมดอายุ 16 ก.พ. 2566

Digital Certificate

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	รวิกานต์ สุขแท้
วัน เดือน ปี เกิด	9 เมษายน 2540
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ที่อยู่ปัจจุบัน	8 หมู่ 1 ตำบลหนองปลิง อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY