การตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง
ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

นางสาวจามจุรี ขวัญสง

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ACUTE RESPONSES OF VARIOUS COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER, FORCE, VELOCITY AND RATE OF FORCE DEVELOPMENT DURING SQUAT JUMP

Miss Jamjuree Kwansong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม |
| โดย | นางสาวจามจุรี ขวัญสง |
| สาขาวิชา | วิทยาศาสตร์การกีฬา |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล |

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จามจุรี ขวัญสง : การตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม (ACUTE RESPONSES OF VARIOUS COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER, FORCE, VELOCITY AND RATE OF FORCE DEVELOPMENTDURING SQUAT JUMP) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล, 103 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

วิธีดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ทดสอบโดยให้นิสิตชาย จำนวน 15 คน ทำการสควอทจั๊ม 1 ครั้ง 3 เซ็ต ที่น้ำหนัก 20% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ ออกแบบการทดลองแบบวิธีการถ่วงดุลลำดับโดยมีอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 โดยแต่ละการทดสอบห่างกัน 72 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรที่ได้จากการทดสอบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

1.อัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่าอัตราส่วนของแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย อัตราส่วนของแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากมากกว่าอัตราส่วนของแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10 และ 70:30

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# # 5978303339 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: PEAK POWER / PEAK FORCE / PEAK VELOCITY / RATE OF FORCE DEVELOPMENT / COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC RESISTANT TRAINING

JAMJUREE KWANSONG: ACUTE RESPONSES OF VARIOUS COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER, FORCE, VELOCITY AND RATE OF FORCE DEVELOPMENTDURING SQUAT JUMP. ADVISOR: SUTTIKORN APANUKUL, 103 pp.

Purpose: The purpose of this study was to investigate and to compare acute effects of various combined weight and pneumatic resistance training on peak power, force, velocity and rate of force development during squat jump.

Method: The purpose of this study was to investigate and compare acute effects of various combined weight and pneumatic resistance training on peak power, force, velocity and rate of force development during squat jump. Fifteen male preformed 3 sets of 1 repetition of squat jump at 20% of 1RM. A counterbalance experimental design was used for various combined weight and pneumatic resistance training at 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50 respectively. Each experiment was conducted after 72 hours of experimentation and the outcome was statistically analyzed by using mean, calculating standard deviation and taking one-way of variance with repeated measures. The significance set at the level 0.05.

Results:

1. The peak velocity would be the most effective of all by during squats jump at the load with combined weight and pneumatic 50:50. These also showed that it is higher speed than during 100:0, 90:10 and 70:30 ($p<0.05$)

2. The peak power peak force and rate of force development by during squats jump at the load with combined weight and pneumatic 100:0, 90:10, 70:30 and 50:50 not significant.

Conclusion The peak velocity would be the most effective of all by during squats jump at the load with combined weight and pneumatic 50:50. These also showed that it is higher speed than during 100:0, 90:10 and 70:30

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

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

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร. สุทธิกร อาภานุกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยให้คำแนะนำดูแลเอาใจใส่ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยขอคำปรึกษาแนะนำ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ เป็นบุคคลที่ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในการให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมาไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาก่อนทำวิจัยหรือระหว่างการทำวิจัย ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มละมัย อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญภานิช และอาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุอุปกรณ์ทางการกีฬา ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องการใช้สถานที่

และที่สำคัญ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆที่คอยช่วยเหลือและให้ความห่วงใยที่ดีเสมอมาตลอดระยะในการทำวิจัย

ด้วยคุณความดีและประโยชน์อันเกิดจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณมารดา ครูบาอาจารย์ อีกทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดจนสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

**สารบัญ**

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ..... 4

คำสำคัญ ..... 5

ปัญหาในการวิจัย ..... 5

สมมติฐานการวิจัย ..... 5

ขอบเขตของการวิจัย ..... 5

คำจำกัดความของการวิจัย ..... 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ..... 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 7

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ..... 7

ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ..... 9

วิธีการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ..... 10

วิธีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ..... 10

วิธีการพัฒนาความเร็ว ..... 21

วิธีการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว ..... 22



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

วิธีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ..... 24
ความสำคัญของอัตราพัฒนาแรงต่อกีฬา ..... 26
หลักการฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก ..... 28
ความหนักที่ใช้ในการฝึกท่าสควอทจั๊ม ..... 29
การฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic) ..... 31
การผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ ..... 35
งานวิจัยในประเทศ ..... 38
งานวิจัยต่างประเทศ ..... 42
สรุปงานวิจัยที่ได้ค้นคว้ามา ..... 46
กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 48
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย ..... 49
ประชากร ..... 49
กลุ่มตัวอย่าง ..... 49
เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง ..... 49
เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง ..... 50
ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล (รูปที่ 8) ..... 50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 52
การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 55
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 66
สรุปผลการวิจัย ..... 66
อภิปรายผลการวิจัย ..... 67
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ..... 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ..... 68
รายการอ้างอิง ..... 69
ภาคผนวก ..... 75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ ..... 103



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญตาราง

หน้า

**ตารางที่ 1** แสดงจุดมุ่งหมายและเกณฑ์การพิจารณาความหนักในการฝึก ..... 12

**ตารางที่ 2** ช่วงของวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อของการออกกำลังโดยทั่วไป ..... 25

**ตารางที่ 3** แสดงวิธีการหาน้ำหนักในการฝึกสควอทจั๊มตามแบบของสโตนและคณะ ..... 28

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลอง ..... 56

**ตารางที่ 5** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ..... 57

**ตารางที่ 6** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) แรงสูงสุด ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ..... 58

**ตารางที่ 7** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ความเร็วสูงสุด ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ..... 59

**ตารางที่ 8** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเร็วสูงสุดเป็นรายคู่ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในขณะทดสอบด้วยท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM ..... 60

**ตารางที่ 9** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) อัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ..... 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# สารบัญรูป

**รูปที่ 1** กราฟแสดงสมมุติฐานการตอบสนองของพลังสูงสุด ความเร็วสูงสุด และแรงสูงสุด ..... 30

**รูปที่ 2** กราฟแสดงค่าพลังในท่าสควอทจั๊ม..... 30

**รูปที่ 3** แสดงการเปรียบเทียบคิเนเมติค (Kinematic) และคิเนติค (Kinetic) ตามทฤษฎีของอุปกรณ์แรงต้นแบบอิสระ (Free weight) และแรงต้านจากนิวเมติคโดยให้มีแรงต้านเท่ากัน..... 31

**รูปที่ 4** แสดงกราฟของการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากขึ้น ..... 33

**รูปที่ 5** แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น ..... 34

**รูปที่ 6** แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด ..... 34

**รูปที่ 7** กราฟแสดงการออกแรงของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศและการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ ..... 36

**รูปที่ 8** แผนภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 1
# บทนำ

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย เป็นวิธีการพัฒนาสมรรถภาพทางกายให้สามารถออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้กิจกรรมการออกกำลังกายการฝึกสมรรถภาพทางกายในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายหลายอย่างมีความสัมพันธ์กันและเรียกว่าความสามารถในการเคลื่อนไหว (Biomotor abilities) เป็นการแสดงออกถึงความแข็งแรง ความเร็ว และความอดทนในการเล่นกีฬา หากนักกีฬามีความแข็งแรงและความเร็วที่ดีจะส่งผลต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาและสามารถแสดงศักยภาพทางกีฬาออกมาได้ดีเช่นกัน ดังคำกล่าวของลอวตันและคณะ (Lawton et al., 2006) ที่กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในสมรรถภาพทางการกีฬา สอดคล้องกับวิลค์และคณะ (Wilk et al., 1993) ซึ่งกล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือศักยภาพของนักกีฬา โดยเกิดจากความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งก่อให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาสั้นที่สุด เชื่อมโยงกับคำกล่าวของ แพททริค โอเช (Patrick O'Shea, 2000) ที่ว่า พลังของกล้ามเนื้อนั้นหมายถึงความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งเกิดจากความแข็งแรงและความเร็ว เมื่อมีพลังกล้ามเนื้อมากก็จะสามารถเร่งความเร็วได้มากเช่นกัน ดังนั้นนักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงก็จะสามารถวิ่งได้เร็วกว่านักกีฬาที่มีแค่ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการแข่งขันกีฬา เมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมด พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ เบเกอร์ (Baker, 2001) ได้นิยามความหมายพลังของกล้ามเนื้อว่า พลังกล้ามเนื้อ คือความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงจำนวนมากด้วยความเร็วสูง

การฝึกพลังกล้ามเนื้อไม่เพียงแต่จะเพิ่มสมรรถนะทางการกีฬาเพียงอย่างเดียว การฝึกกล้ามเนื้อให้ทำงานด้วยความเร็วสูงยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของกล้ามเนื้อตามหน้าที่ (Muscle function) ซึ่งส่งผลให้สามารถแสดงศักยภาพในขณะที่ทำการแข่งขันได้อย่างดี คอนเนลลีและคณะ (Connelly et al., 1999) ได้นิยามว่า การฝึกพลังของกล้ามเนื้อมีความสำคัญอย่างมาก กับนักกีฬา และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากทางการกีฬา เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักในการ ออกตัว การเปลี่ยนทิศทาง การลดความเร็ว การเร่งความเร็วและการลงสู่พื้น บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ความสามารถด้านการใช้พลังของกล้ามเนื้อขานิยมทดสอบด้วยการกระโดด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้านการเคลื่อนไหว (Counter movement jump) บนเครื่องมือทดสอบชนิดต่างๆ ซึ่งการฝึกที่สามารถพัฒนาพลังสูงสุดได้ดี คือ การฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ซึ่งการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นการฝึกที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี ส่งผลทำให้พลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนการฝึกแบบพลัยโอเมตริก เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลให้พลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับไคทาโร่ คุโบะและคณะ (Keitaro Kubo et al., 2007) ที่พบว่าการฝึกแบบพลัยโอเมตริกจะสามารถพัฒนาความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไวได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับวิลสันและคณะ (Wilson et al., 1994) ที่มีการค้นพบว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก (Plyometric training with weight) เป็นการรวมกันในลักษณะที่เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกพลัยโอเมตริก แต่ใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไป ซึ่งมีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักหรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างเดียว โดยสามารถฝึกได้ทั้งส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย ดังนั้นวิศรุต ศรีแก้ว (2557) จึงได้นำรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกมาผสมผสานเข้าด้วยกันและพบว่าการผสมผสานการฝึกของทั้งสองรูปแบบสามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น รวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกด้วย ซึ่งโรดาโนและคณะ (Rodano et al., 1996) ได้นิยามความหมายของการกระโดดว่า การกระโดด คือการเคลื่อนไหวที่เกิดจากการทำงานของข้อต่อหลายข้อต่อร่วมกันอย่างซับซ้อนโดยกลุ่มกล้ามเนื้อขา ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อรอบข้อเท้า ข้อเข่า และสะโพกจะทำงานร่วมกันเพื่อสร้างรูปแบบการเคลื่อนไหวในแนวดิ่ง ดังนั้นรูปแบบการฝึกด้วยการกระโดดจึงเป็นท่าฝึกที่ช่วยให้สามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี เทอเนอร์และคณะ (Turner et al., 2012) ทำการเปรียบเทียบน้ำหนักที่ใช้ในการแบกน้ำหนักกระโดด โดยผลการทดลองพบว่า ความหนักที่ 20% และ 30% ของ 1 RM ให้ค่าพลังสูงสุดไม่ต่างกัน แต่ความหนักที่ 20% ของ 1 RM ให้ค่าความเร็วสูงสุดมากกว่าความหนักที่ 30% ของ 1 RM ซึ่งค่าพลังสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจะลดลงเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าการฝึกความหนักที่มีผลต่อค่าพลังสูงสุด ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดขณะทำท่าสควอทจั๊ม (Squat jump) ในนักรักบี้ระดับอาชีพ โดยความหนักที่ดีที่สุดของค่าพลังสูงสุดคือ 20% ของ 1 RM และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อไม่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก สอดคล้องกับฮิวและคณะ (Huw et al., 2011) ที่กล่าวว่า การแสดงออกของพลังกล้ามเนื้อขาสูงสุดนั้นจะต้องคำนึงถึงตัวแปรสองด้าน นั่นคือ แรง (Force) และความเร็วในการเคลื่อนไหว (Velocity) เมื่อเพิ่มน้ำหนักภายนอกมากจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหว เป็นสาเหตุทำให้พลังกล้ามเนื้อสูงสุดมีค่าลดลง ดังนั้น น้ำหนักจากภายนอกในท่าสควอทจั๊ม ที่ความหนัก 20% 1 RM ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงกว่าระดับความหนักที่ 30, 40, 50 และ 60% ของ 1 RM

เบเกอร์และคณะ (Baker et al., 2001) กล่าวว่า แรงต้านอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความเคลื่อนไหวของข้อต่อ จากการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายฟรีเวทอย่างเดียว ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างความหน่วง 67% ของช่วงคอนเซ็นตริค ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริคหายไป 19.4% ของความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อไม่สามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว เดวิดและคณะ (Davidet al., 2010) กล่าวว่าปัจจุบันได้มีการพยายามพัฒนาสร้างเครื่องมือในการฝึกรูปแบบใหม่ที่จะเอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท หรือมีการนำแรงต้านรูปแบบอื่นมาผสมผสานกับการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อชดเชยส่วนที่เป็นข้อด้อยของการฝึกด้วยน้ำหนัก จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance device) การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training) เป็นการฝึกด้วยแรงต้านชนิดหนึ่งที่ช่วยเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เป็นการฝึกรูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการฝึกด้วยน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท เพราะสามารถออกแรงได้ตลอดมุมของการเคลื่อนไหว แต่จะมีข้อเสียเปรียบในเรื่องของการพัฒนาพลังสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนัก ซึ่งการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะให้ผลดีกว่าและมีความเฉพาะเจาะจงกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่มีมากกว่า ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อมีค่าสูงขึ้นในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว เพราะมวลของแรงต้านด้วยแรงดันอากาศน้อยกว้าแรงต้านด้วยน้ำหนักในขณะที่ออกกำลังกายในปริมาณที่เท่ากัน งานวิจัยของเดวิดและคณะ (David et al., 2010) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและพลังสูงสุดของแรงต้านด้วยแรงดันอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนัก ในท่าเบนช์เพรส (Bench press) ที่ความหนัก 15, 30, 45, 60, 75 และ 90% ของ 1 RM พบว่า ทั้งสองวิธีสามารถพัฒนาความเร็วได้ดีที่น้ำหนัก 15% และ 30% การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศเพียงอย่างเดียวจะพัฒนาความเร็วสูงสุดได้ดีกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะเกิดประโยชน์ต่อพลังสูงสุดเมื่อมีการใช้ความหนักที่น้อย โดยการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะช่วยปรับแรงต้านในขณะการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อช่วยชดเชยความเร่งที่เสียไป ดังนั้นการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักจะเกิดประโยชน์ที่ดีต่อเมื่อมีการฝึกแบบผสมผสานกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบอื่น ซึ่งการออกแรงของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักจะออกแรงมากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหว ส่วนการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะทำให้ออกแรงเพิ่มมากขึ้นตลอดมุมการเคลื่อนไหว แต่การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหวและออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการฝึก เช่นเดียวกับงานวิจัยของสุทธิกร อาภานุกูล (2556) ที่ทำการศึกษาการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ

ในอัตราส่วน 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 พบว่าอัตราส่วนของการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 90:10 ให้ค่าพลังสูงสุด และค่าแรงสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นรูปแบบการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศช่วยเพิ่มพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาเทนนิสได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของกฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) ที่มีการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก 85% ของ 1 RM (ซึ่งมีความแตกต่างในการใช้อัตราส่วนของการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมผสานกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในอัตราส่วน 60:40, 70:30 และ 80:20) ผลการวิจัยพบว่าการใช้อัตราส่วนที่แรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่มากกว่าแรงต้านด้วยน้ำหนัก มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนต่อน้ำหนักตัวตลอดจนพลังกล้ามส่วนบนของร่างกายไม่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากการที่ใช้สัดส่วนของแรงต้านด้วยแรงดันอากาศมากกว่า ซึ่งส่งผลทำให้แรงที่เกิดขึ้นน้อยจนทำให้ไม่เห็นความแตกต่าง จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่ใช้การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักที่มากกว่าแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะช่วยเพิ่มพลังสูงสุด และแรงสูงสุด ได้มากกว่า และส่งผลต่อการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อได้ดีกว่า

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงนำการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ มาประยุกต์เข้ากับท่าสควอทจั๊มที่นิยมฝึกเพื่อพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ แต่เนื่องจากยังไม่มีสัดส่วนในการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่เหมาะสมในท่าสควอทจั๊ม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรง ในอัตราส่วนของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ได้แก่ 20% ของ 1 RM โดยการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ ซึ่งแบ่งอัตราส่วนความหนักของแรงต้านออกเป็น 4 เงื่อนไข ได้แก่ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาต่อไป

**วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

2. เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

**คำสำคัญ**

พลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด อัตราการพัฒนาแรง การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ

**ปัญหาในการวิจัย**

อัตราส่วนการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศเท่าไหร่จึงจะส่งผลต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงดีกว่ากัน

**สมมติฐานการวิจัย**

การทดสอบด้วยความหนัก 20 % ของ 1 RM โดยการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 จะส่งผลต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงที่แตกต่างกัน

**ขอบเขตของการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊มในนิสิตชาย ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**คำจำกัดความของการวิจัย**

**การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Weight training)** หมายถึง การฝึกโดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเป็นแรงต้าน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักจากบาร์เบลล์ (Olympic barbell) และแผ่นน้ำหนัก (Weight plate)

**การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training)** หมายถึง การฝึกโดยใช้แรงดันจากอากาศเป็นแรงต้าน จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันอากาศที่สร้างขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แรงต้านด้วยอากาศจากเครื่องไกเซอร์ รุ่น A 400 (Keiser power rack equipment) ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา

**การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ (Combined weight and pneumatic training)** หมายถึง การฝึกด้วยบาร์เบล (Olympic barbell) โดยใช้น้ำหนักจากแผ่นเพิ่มน้ำหนักกับแรงดันอากาศผสมผสานกันเพื่อใช้เป็นแรงต้าน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำหนักแรงดันอากาศจากเครื่องไกเซอร์ผสมผสานกับน้ำหนักจากแผ่นเหล็กด้วยท่าสควอทจั๊ม (Squat jump)

**พลังสูงสุด (Peak power)** หมายถึง ค่าของผลคูณระหว่างแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวดิ่งกับความเร็วของบาร์เบล ณ ช่วงเวลาเดียวกันที่ทำให้เกิดค่าพลังสูงสุด ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าพลังสูงสุดจากเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิดด้วยเครื่องไกเซอร์ รุ่น A 400 (Keiser power rack equipment) กับแผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ด้วยการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ ที่เชื่อมกับ Ballistic measurement system มีหน่วยเป็นวัตต์

**แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (Peak vertical ground reaction force)** หมายถึง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดสะโพก ข้อเข่าและข้าเท้า ลงบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ณ ช่วงเวลาที่เกิดพลังสูงสุดแต่ละครั้งมีหน่วยเป็นนิวตัน

**ความเร็วของบาร์เบลสูงสุด (Peak barbell velocity)** หมายถึง ความเร็วของบาร์เบลที่เคลื่อนที่จากท่าเริ่มต้นจากการออกแรงเหยียดข้อสะโพก ข้อเข่าและข้อเท้า กระโดดขึ้นในแนวดิ่งจนถึงจุดสูงสุด ณ ช่วงเวลาที่เกิดพลังสูงสุดในแต่ละครั้ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

**อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development : RFD)** หมายถึง ค่าของความแข็งแรงระเบิดหรือความเร็วที่นักกีฬาสามารถพัฒนาแรงได้สูงสุด ซึ่งการทดลองนี้จะหาจากความชันของกราฟระหว่าง แรงในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นภายใน 0 (RFD 0) ถึง 200 มิลลิวินาทีแรก (RFD 200) ในการกระโดดแบบ สควอทจั๊ม (Squat Jump) จะคำนวณจากแรงที่กลับขึ้นมาเท่าน้ำหนักตัวและน้ำหนักที่ยกในจังหวะกำลังกระโดดขึ้น

**ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1. ทราบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ประโยชน์กับกีฬาที่ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อและเคลื่อนที่บนพื้น เช่น กรีฑาประเภทลู่ กรีฑาประเภทกระโดด เทนนิส แบดมินตัน วอลเลย์บอล เป็นต้น

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการค้นคว้าวิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

**เอกสารที่เกี่ยวข้อง**

1. องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
2. ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
3. อัตราการพัฒนาแรง
4. หลักการฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก
5. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ
6. การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ**

ชาร์คกีและแกสกิล (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรง 1 ครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นพื้นฐานสำคัญของทุกชนิดกีฬา เพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอันดับแรกที่ควรคำนึงถึงนั่นคือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั่นเอง การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถฝึกได้โดยการใช้น้ำหนัก เป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดงานในระดับสูง เกิดจากความสัมพันธ์ของแรง ความเร็ว และงาน หรืออีกนัยหนึ่งคือ งานที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงอย่างเต็มที่และรวดเร็ว ซึ่งพลังเกิดจากผลคูณของแรงกับความเร็ว

3. งาน (Work) หมายถึง ผลคูณที่เกิดจากแรง (Force) คูณด้วยระยะทาง (Distance) ชาร์คกีและแกสกิล (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้เสนอความสัมพันธ์ของความแข็งแรง (Strength) งาน (Work) และความเร็ว (Velocity) ดังนี้

Work = Forcex Distance

Power = Work / Time

Velocity = Distance / Time

ดังนั้น Power = (Force x Distance) / Time หรือ Power = Strength x Velocity

4. ความอดทนของกล้ามเนื้อและพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

4.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลานาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด ซึ่งแต่ละชนิดกีฬามีความทนทานของกล้ามเนื้อต่างกัน ดังนั้นการมีรูปแบบในการในฝึกที่เหมาะสมก็จะส่งผลดีแก่ตัวนักกีฬาตามชนิดกีฬานั้นๆ

4.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่ทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาแต่ละประเภทมีการใช้ความหนักที่ต่างกัน กีฬาที่ใช้ความหนักในระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำ ที่จำเป็นต้องใช้พลังความทนทานของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) กีฬาที่ต้องใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) ได้แก่ วิ่งทางไกล ปั่นจักรยานทางไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเลย์บอล บาสเก็ตบอล แบดมินตัน เป็นต้น ซึ่งต้องการพลังความทนทานของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อออกแรงในระยะสั้น (Short-put) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูก (เทนนิส,แบดมินตัน,วอลเลย์บอล เป็นต้น) จำเป็นที่จะต้องการความทนทานของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance)

5. ปฏิกิริยาตอบสนองความไวและความเร็ว (Reaction time, Quickness and speed)

5.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทที่ได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ

5.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะเวลาอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว

5.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยใช้ระยะเวลาที่น้อยที่สุด เช่น ในนักกีฬาวิ่งระยะสั้น

6. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายในขณะอยู่กับที่และขณะเคลื่อนไหวอยู่ ไม่ให้เสียหลัก เซ หรือวิ่งไม่ตรงทิศทาง ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อในการทรงตัว

แบ่งออกเป็นสองประเภท คือ

6.1 การทรงตัวขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

6.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

7. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการยืดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวสามารถพัฒนาได้จากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

8. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ พลังความทนทานของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น จะส่งผลทำให้เกิดความคล่องแคล่วว่องไวขึ้นตามไปด้วย

**ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ**

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายล้วนเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว พลังกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ยังเชื่อมโยงไปถึงการแสดงทักษะทางกีฬาในด้านต่างๆ ซึ่งมีการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการมีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดี ย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ดีในการแสดงทักษะที่ดีออกมาเช่นกัน

แอนเชล (Anshel, 1990) ได้สรุปองค์ประกอบที่สำคัญรวม 3 ส่วนด้วยกัน คือ สมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา (Physical fitness and skills) สมรรถภาพทางจิต (Mental fitness) และสิ่งแวดล้อม (Environment) หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง จะทำให้ความสามารถในการแสดงออกของนักกีฬาแสดงออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควร สมรรถภาพทางกายและทักษะเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดสำหรับนักกีฬาในระดับที่เพิ่งเริ่มเล่น แต่เมื่อมีการพัฒนาที่เพิ่มขึ้น มีประสบการณ์ในการแข่งขันที่ทำให้เกิดความกดดัน ความสามารถในการควบคุมจิตใจ ความคิด และอารมณ์ ที่เรียกว่าสมรรถภาพทางจิต ต้องได้รับการฝึกฝนและจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการฝึกสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา สิ่งแวดล้อมเป็นองค์ประกอบสุดท้ายที่ส่งผลต่ออิทธิพลในการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬา เพราะเมื่อร่างกายละจิตใจมีความพร้อม แต่สิ่งแวดล้อมไม่พร้อม ก็จะส่งผลในการแข่งขันออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

**วิธีการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ**

โดนอล (Donald, 1996) ได้นิยามว่า ในร่างกายของมนุษย์มีเส้นใยอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรก คือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว แบ่งออกเป็นชนิด Type IIa และ ชนิด Type IIb ซึ่งสามารถออกแรงสูงสุดได้ในระยะเวลาสั้น เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อในการทำงาน ความแตกต่างของกล้ามเนื้อ 2 ชนิดนี้ คือ ชนิด Type IIa มีความอดทนในการหดตัวมากกว่า ส่วนชนิด Type IIb มีความเร็วในการหดตัวที่มากกว่า ซึ่งชนิด Type IIb จะหดตัวก่อนเมื่อเกิดความเมื่อยล้า และ ชนิด Type IIa จะหดตัวต่อ ชนิดที่ 2 คือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า เรียกว่า ชนิด Type I ที่สามารถออกแรงได้เกือบสูงสุดในระยะเวลานาน เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ออกซิเจนในการทำงาน นอกจากนี้ยังมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIc ที่สามารถพัฒนาการทำงานให้มีการหดตัวได้ทั้งช้าและเร็ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก โดยเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 2 ลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนาในภาพรวมทั้งสิ้น เช่น เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะมีหน้าที่ในการรักษาความมั่นคง และท่าทางในขณะทำการเคลื่อนให้มีการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์แบบมากขึ้น

**วิธีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ**

บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ในการลงสู่พื้นและการเปลี่ยนทิศทาง (Landing / reactive power) ทักษะที่ใช้ในการลงสู่พื้นมักจะต่อเนื่องกับทักษะในการเปลี่ยนทิศทางหรือกระโดด นักกีฬาต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกายในขณะลงสู่พื้น และสามารถปฏิบัติได้อย่างรวดเร็วทั้งการเปลี่ยนทิศทางและการกระโดด พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกขณะลงสู่พื้นจะมีความสัมพันธ์กับความสูงในการตกลงสู่พื้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80-100 เซนติเมตร ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักมากถึง 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งขณะลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) นักกีฬาที่ได้รับการฝึกและพัฒนากล้ามเนื้ออย่างดีแล้ว จะสามารถควบคุมร่างกายและแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม พุ่ง ขว้าง (Throwing power) ชนิดกีฬาที่ใช้การทุ่ม พุ่ง ขว้าง ต้องการพลังกล้ามเนื้อในการสร้างความเร็วแก่อุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นด้วยความเร็วที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take-off power) ในกีฬาหลายชนิดมักมีการกระโดด ซึ่งจำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อเกิดประสิทธิภาพในการกระโดดที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะกำลังวิ่งมาด้วยความเร็วหรือมีการย่อตัวก่อนการกระโดด ซึ่งถ้ามีการย่อตัวมากเท่าไหร่พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ก็มากขึ้นเช่นกัน เพื่อใช้ในการออกแรงยกตัว

ให้ลอยขึ้นสู่พื้นอย่างรวดเร็ว หากนักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะส่งผลต่อความเร็วและความสูงในการกระโดด ทำให้ประสิทธิภาพในการกระโดดลดลงไปด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) กีฬาที่ต้องใช้ความเร็วต้นในการเคลื่อนที่ เช่น การออกอาวุธในกีฬาที่มีการต่อสู้ การออกตัวของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่าก็จะออกอาวุธหรือออกวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) มักเกิดขึ้นในกีฬาประเภททีม และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือฝั่งตรงข้าม โดยมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทาง การกระทำลักษณะดังกล่าวมีความต้องการในการใช้พลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะมีการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง

6. พลังกล้ามเนื้อในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) เกือบทุกชนิดกีฬา ไม่ว่าจะเป็นกีฬาประเภททีม ประเภทเดี่ยว กีฬาบนบกหรือกีฬาในน้ำ ต่างมีสถานการณ์ที่มีการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าอย่างรวดเร็ว หรือสามารถเอาชนะแรงต้านของน้ำในกีฬาที่มีการแข่งขันในน้ำได้

แพททริค โอเช (Patrick O'Shea, 2000) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างเต็มที่ได้เร็วที่สุด โดยสร้างขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว กล่าวคือ นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงจะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ดังนั้นหากนักกีฬาทุกคนมีความสามารถด้านอื่นเท่ากัน พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงและความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อจึงแยกออกจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ได้ โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการ ดังนี้

พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) = ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength)
x ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Speed of muscular contraction)

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงมีการคิดค้นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ดังนี้

1. วิธีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อตามแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Weight) การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก นับเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายทั่วโลก ในอดีตการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักไม่เป็นที่ยอมรับเพราะคิดว่า ไม่เหมาะที่จะใช้ฝึกในกีฬาที่ต้องใช้ความเร็ว เช่น การวิ่งระยะสั้น (Sprinter) และการว่ายน้ำระยะสั้น เป็นต้น เพราะเชื่อว่าการฝึกด้วยน้ำหนักจะส่งผลให้ความเร็ว และความว่องไวในการเคลื่อนที่ลดลง จนได้มีการค้นคว้าวิจัย และทดลองเพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงดังกล่าว ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวพบว่า การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักส่งผลให้สมรรถภาพทาง

กายของนักกีฬาเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นด้านกำลัง ความแข็งแรง ความเร็ว หรือแม้แต่ในด้านความอดทนด้วยก็ตาม และยังพบว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักยังเป็นที่ยอมรับของนักกีฬาที่มีชื่อเสียงระดับโลกอีกด้วยการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักที่จะส่งผลดีต่อนักกีฬาหรือผู้ฝึกนั้น จำเป็นอย่างยิ่งในการฝึกที่ถูกหลักขั้นตอน โดยอาศัยสมรรถภาพความแข็งแรงของนักกีฬาแต่ละบุคคล ดังนั้น เฟรดเดริค แฮทเฟด (Frederick Hatfield, 2001) จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการปฏิบัติ ดังนี้

1. การกำหนดความหนัก (Intensity) ในการยกน้ำหนักแต่ละท่า ขึ้นอยู่กับระดับความแข็งแรงของนักกีฬา และจุดมุ่งหมายของการฝึกโดยเฉพาะในประเภทกีฬานั้นๆ

2. การกำหนดจำนวนครั้ง (Repetition) ในการฝึกน้ำหนักแต่ละท่า ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการฝึก ว่าต้องการฝึกเพื่อจุดมุ่งหมายใด เช่น การฝึกเพื่อพละกำลัง การฝึกเพื่อความแข็งแรงและการฝึกเพื่อความอดทน หรือฝึกเพื่อให้ได้พร้อมกันกันทุกจุดมุ่งหมายในคราวเดียว ซึ่งต้องกำหนดจำนวนครั้งให้เหมาะสมกับความหนักที่ใช้ในการฝึกและลักษณะความต้องการเฉพาะด้านของกีฬาประเภทนั้นๆ

3. การกำหนดจำนวนเซ็ต (Sets) ในการฝึกด้วยน้ำหนักแต่ละท่า จะต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและองค์ประกอบของการฝึกด้วยเช่นกัน

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณความหนัก (Intensity) จำนวนครั้ง (Repetition) จำนวนเซ็ต (Sets) ในการฝึกแต่ละท่า ควรปรับให้เหมาะสมกับสภาพความแข็งแรงและความอดทนของร่างกาย ที่จะส่งผลต่อการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

5. การกำหนดปริมาณความหนักเป็นเปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายว่าต้องการให้เกิดสมรรถภาทางกายด้านใดมากที่สุด และด้านใดที่ต้องการรองลงไป ซึ่งต้องสอดคล้องกับความสัมพันธ์ต่อจำนวนครั้งและจำนวนเซ็ตที่ฝึก โดยไม่ลืมจุดมุ่งหมายหลัก

**ตารางที่ 1** แสดงจุดมุ่งหมายและเกณฑ์การพิจารณาความหนักในการฝึก

| จุดมุ่งหมายในการฝึก | เปอร์เซ็นต์ของความหนักสูงสุด | จำนวนครั้ง | จำนวนเซต |
|---|---|---|---|
| ความอดทน | 30-50 | 12-15 | 3-5 |
| ความแข็งแรง | 70-90 | 6-8 | 4-5 |
| กำลังความเร็ว | 50-70 | 8-10 | 3-4 |
| ระบบไหลเวียนโลหิต | 20-30 | 15-20 | 3-5 |

ที่มา : เจริญ กระบวนรัตน์ (2545)

เหตุผลของการค้นพบนั้น ตั้งอยู่บนฐานของทฤษฎีแห่งขนาดของการระดมหน่วยยนต์ (Size Theory of Motor Unit Recruitment) ชมิทไบลเชอร์ (Schmidtbleicher, 1988) หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าซึ่งมีขนาดเล็ก จะถูกระดมมาทำงานก่อน ส่วนหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วที่มีขนาดใหญ่ จะถูกระดมมาทำงานก็ต่อเมื่อมีการเคลื่อนไหวที่เร็วและต้องออกแรงมากเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ความหนักในระดับสูงมาใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬา ซึ่งเป็นหลักประกันว่าหน่วยยนต์ทั้งสองเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า และหน่วยยนต์ที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานทั้งหมด

เมื่อความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย ดังที่ รูเธอร์ฟอร์ดและคณะ (Rutherford et al., 1986) ได้รายงานว่า ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับพลังกล้ามเนื้อ เนื่องจากความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬา สามารถที่จะพัฒนาได้ดีที่สุดโดยใช้การฝึกความแข็งแรงตามแบบประเพณีนิยม ที่ใช้ความหนักในระดับสูง ด้วยการพยายามยกน้ำหนักในลักษณะแรงระเบิด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาการทำงานของประสาท จึงทำให้ความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาดีขึ้น ดังนั้น ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) จึงสรุปได้ว่า ถ้าต้องการให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จะต้องทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นหรือความเร็วเพิ่มขึ้น หรือทั้งความแข็งแรงและความเร็วเพิ่มขึ้น ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบทั่วไปจึงมีข้อจำกัด

ในขณะที่นิวตันและคณะ (Newton et al., 1994) ได้ให้ความเห็นว่า การที่ผู้เชี่ยวชาญในการฝึกความแข็งแรงและสมรรถภาพทางกายหลายท่านเชื่อว่าในขณะที่ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จะทำให้พลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นนั้น เป็นเรื่องที่ถูกต้อง แต่ถ้าพิจารณาให้ลึกซึ้งไปกว่านั้นจะเห็นได้ว่า ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยอัตราความเร็วต่ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สนับสนุนให้เกิดพลังระเบิด การเคลื่อนไหวในลักษณะพลังระเบิดนี้เป็นการเคลื่อนไหวโดยเริ่มจากอัตราความเร็วเป็นศูนย์หรือจากอัตราความเร็วต่ำ ดังนั้น ความแข็งสูงสุดของกล้ามเนื้อจึงมีส่วนช่วยพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในระยะเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวเท่านั้น ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้กล่าวว่า อย่างไรก็ตามในขณะที่กล้ามเนื้อเริ่มหดตัวสั้นลงด้วยอัตราความเร็วที่สูงนั้น ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ทำงานด้วยอัตราความเร็วต่ำ ก็จะส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะออกแรงมากขึ้นในอัตราส่วนความเร็วที่สูงดังกล่าว

แฮกกิเนนและโคมิ (Hakkinen and Komi, 1985) การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตามประเพณีนิยม โดยการใช้ความหนักในระดับสูงและกล้ามเนื้อทำงานด้วยอัตราความเร็วต่ำ จะนำไปสู่การพัฒนาความแข็งสูงสุดเป็นหลัก และการพัฒนาลดลงเมื่อกล้ามเนื้อทำงานด้วยอัตราความเร็วสูงขึ้น จะมีอัตราการพัฒนาแรงสูงขึ้น วิลสันและคณะ (Wilson et al., 1994) กล่าวว่า พัฒนาพลังกล้ามเนื้อของ

นักกีฬาที่เคยได้รับการฝึกมาแล้วคงจะต้องใช้การฝึกทั้งพลัยโอเมตริกและฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักร่วมกัน มากกว่าที่จะใช้ตามแนวคิดที่ผ่านมา

เยสสิส (Yessis, 1986) กีฬาประเภทที่ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อจะต้องอาศัยความเร็วและความสัมพันธ์ระหว่างประสาทกับกล้ามเนื้อในการปฏิบัติทักษะกีฬาบางประเภทที่เป็นการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วยความแข็งแรง (Speed-strenght) ซึ่งต้องการความเร็วมากกว่าความแข็งแรง (Strength-speed) ซึ่งต้องการความแข็งแรงมากกว่าความเร็ว เช่น ยกน้ำหนัก ถึงแม้ว่าจะต้องมีการรวมกันระหว่างทั้งความแข็งแรงและความเร็วก็ตาม เปอร์เซ็นของการรวมกันจะแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะของกีฬาแต่ละประเภท

ในการฝึกโดยใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักร่วมกับการฝึกด้วยพลัยโอเมตริก จะทำให้นักกีฬามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความมั่นคงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความสำคัญต่อการป้องกันการบาดเจ็บอีกด้วย อย่างไรก็ตามในขณะที่นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายสูงขึ้นนั้น จะต้องลดปริมาณของการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIa ลง และเน้นที่การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIb

เยสสิส (Yessis, 1986) กล่าวว่า ในวงการกีฬา เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่า พลัง (Power) เปรียบประดุจดังแรงระเบิด (Explosiveness) ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่าง ความเร็ว (Speed) กับความแข็งแรง (Strength) แรงระเบิด (Explosiveness) นี้ จะแสดงออกมาเมื่อนักกีฬาเอาชนะแรงต้านทานหรือน้ำหนักได้ภายในเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในการปฏิบัติทักษะกีฬาใดๆให้เกิดพลัง (Power) สูงสุดนั้น มักจะเป็นการรวมกันระหว่างการออกแรงมากกับการเคลื่อนไหวที่เร็วมาก มากกว่าการพยายามที่จะออกแรงให้มากที่สุดเพียงอย่างเดียว

2. วิธีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อตามแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric)

ฮูเบอร์ (Huber, 1987) การฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกหรือการออกกำลังกายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเชื่อมโยงความแข็งแรงกับความเร็วของการเคลื่อนไหว เพื่อทำให้เกิดประเภทของการเคลื่อนไหวแบบรวดเร็ว มักใช้การฝึกแบบประโดด และการฝึกแบบงอเข่า (Depth Jump) แต่ พลัยโอเมตริกอาจรวมถึงการฝึกหรือการออกกำลังกายแบบใดก็ได้ ที่ใช้ปฏิกิริยาสะท้อนแบบยืด-เหยียด (Stretch reflex) เพื่อผลิตแรงปฏิกิริยาหรือแรงโต้ตอบอย่างรวดเร็ว “การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกมีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่า การเหยียดออกอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหดตัว จะทำให้เกิดผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้นเท่านั้น การที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกมากเท่าใดก็ยิ่งมีการพัฒนาแรงหดตัวของการหดสั้นเข้าทันทีได้มากขึ้นเท่านั้น”

การฝึกพลัยโอเมตริก เป็นการนำเทคนิคในการฝึกต่างๆมาใช้ร่วมกัน โดนอล (Donald, 1992) ได้อธิบายความหมายไว้ดังนี้ การฝึกพลัยโอเมตริก คือ การเคลื่อนไหวที่มีจุดประสงค์ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผนวกความแข็งแรง (Strenght) และความเร็ว (Speed) ของการเคลื่อนไหว เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว นิยมใช้การกระโดด แต่มีความหมายรวมไปถึงการเคลื่อนไหวที่ใช้ปฏิกิริยาสะท้อนแบบยางยืด (Stretch reflex) เพื่อทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาหรือแรงโต้ตอบอย่างรวดเร็ว พื้นฐานของการฝึกพลัยโอเมตริก มีพื้นฐานมาจากความเข้าใจเกี่ยวกับการยืดเหยียดอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนที่จะเกิดการหดตัวจะทำให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวที่แรงยิ่งขึ้น การที่จะเพิ่มความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้น เกิดมาจากการยืดตัวของกล้ามเนื้อรูปกระสวย (Muscle spindle) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับไมโอเทติก รีเฟลกซ์ (Myotatic reflex) และจะนำไปสู่การเพิ่มความถี่ของการกระตุ้นหน่วยยนต์ (Motor unit) ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Nervous and muscular system) เพื่อให้เกิดการโต้ตอบที่แรงและรวดเร็วในระหว่างช่วงของการยืดและหดของกล้ามเนื้อจากกิจกรรมนั้นๆ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric contraction) นั้น จะนำไปสู่การรวมตัวในการทำงานร่วมกันของหน่วยยนต์ (Motor unit) ผลลัพธ์ในการฝึกพลัยโอเมตริก คือ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive power) ที่เกิดจากการผนวกความแข็งแรงและความเร็วเข้าด้วยกัน

อัลเลอร์ไฮลิเจน (Allerheiligen, 1995) ได้เสนอการออกแบบโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกเพื่อเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ข้อควรพิจารณาก่อนการฝึก

- อายุ เนื่องจากท่าฝึกพลัยโอเมตริกบางท่ามีความหนักอยู่ในระดับสูง และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในส่วนกระดูกที่กำลังเจริญเติบโต จึ้งมีข้อแนะนำว่านักกีฬาที่มีอายุต่ำกว่า 16 ปี จะต้องไม่ฝึกในท่าที่มีความหนักอยู่ในระดับช็อค (Shock) ซึ่งเป็นระดับสูงสุด ได้แก่ท่าเด็พธ์จั้ม

- น้ำหนักตัว ผู้ทีมีน้ำหนักเกิน 220 ปอนด์ ไม่ควรฝึกท่าเด็พธ์จั้ม จากความสูงเกินกว่า 18 นิ้ว

- อัตราส่วนของความแข็งแรง หมายถึง น้ำหนักที่ยกท่าแบกน้ำหนักย่อตัวได้มากที่สุดหารด้วยน้ำหนักตัว ควรจะมีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 2.5 จึงจะเหมาะสมสำหรับการฝึกพลัยโอเมตริก ทั้งนี้ ค่าของการฝึกแต่ละแบบจำเป็นต้องใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกันไป

- โปรแกรมการฝึกความเร็วในปัจจุบัน ถ้าผู้ฝึกไม่ได้ฝึกในโปรแกรมการฝึกความเร็วอยู่ในขณะนี้ จะต้องจัดให้ฝึกในโปรแกรมดังกล่าวเสียก่อนอย่างน้อย 2-4 สัปดาห์ ก่อนที่จะเริ่มฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

- ประสบการณ์ ถ้าผู้ฝึกไม่มีประสบการณ์ในการฝึกมาก่อน จะต้องเริ่มจากปริมาณของการฝึกที่มากกว่าปกติและความหนักของการฝึกมากกว่าปกติ และจะต้องค่อยๆพัฒนาการฝึกไปเรื่อยๆ

- การบาดเจ็บ บริเวณที่บาดเจ็บได้ง่าย ได้แก่ เท้า ข้อเท้า หน้าแข้ง เข่า สะโพกและหลังส่วนล่าง ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการบาดเจ็บเพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บที่จะเกิดที่จะเกิดขึ้นในตอนเริ่มต้นของโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก

- พื้นผิวของสถานที่ฝึก พื้นผิวของสถานที่ฝึกตามอุดมคติ คือ พื้นแบบที่ใช้ในกีฬายิมนาสติก หรือพรมที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถรองรับการกระแทกได้ดี ส่วนพื้นไม้ของสนามบาสเกตบอลหรือพื้นลู่ยางสังเคราะห์ก็พอที่จะใช้ในการฝึกได้ และพื้นหญ้าก็อาจเป็นพื้นผิวในอุดมคติได้

- ข้อควรพิจารณาทางด้านความปลอดภัยในการฝึกพลัยโอเมตริกนั้น จะต้องเน้นให้ผู้ฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องแนะนำและแก้ไขให้ถูกต้อง ซึ่งถ้าผู้ฝึกสอนละเลยก็จะเกิดการบาดเจ็บได้ง่าย และจะต้องกำหนดโปรแกรมการฝึกได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึก

- การอบอุ่นร่างกาย จะต้องมีการอบอุ่นร่างกายก่อนที่จะฝึกพลัยโอเมตริกเสมอ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและประสิทธิภาพในการฝึกจะเพิ่มขึ้น

- ชนิดของกีฬา จะต้องเลือกท่าของการฝึกให้มีความสัมพันธ์กับทิศทางของการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดนั้น

- ช่วงเวลาของการฝึก จะต้องจัดปริมาณและความหนักของการฝึกให้สอดคล้องกับช่วงเวลาของการฝึกที่มีทั้งนอกฤดูการแข่งขัน ฤดูก่อนการแข่งขันและฤดูแข่งขัน

- ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก จะต้องใช้การฝึกพลัยโอเมตริกให้อยู่ในโปรแกรมการฝึกระหว่าง 6-10 สัปดาห์

- ความถี่ของการฝึก โดยทั่วไปจะฝึก 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์

- ลำดับขั้นของความหนัก ความหนักของการฝึกขึ้นอยู่กับวงจรยืดเหยียด-สั้น ซึ่งเป็นผลมาจากความสูงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ความเร็วพื้นราบ น้ำหนักตัว ความพยายามของแต่ละคน และความสามารถของกล้ามเนื้อที่เอาชนะความต้านทาน

- ลำดับขั้นของปริมาณ ตามปกติแล้วปริมาณของการฝึกจะนับจากจำนวนครั้งที่ส้นเท้าสัมผัสพื้นและ/หรือ ระยะทางทั้งหมดในการฝึก ในขณะที่ความหนักของการฝึกเพิ่มขึ้นปริมาณของการฝึกจะต้องลดลง

- เวลาพัก เนื่องจากการฝึกพลัยโอเมตริกนั้น จะใช้ความพยายามสูงสุดในแต่ละครั้ง จึงจะต้องมีเวลาพักระหว่างการปฏิบัติแต่ละครั้ง เวลาพักระหว่างชุดให้เหมาะสม เช่น การฝึกท่าเด็พธ์จั๊มอาจจะพักระหว่างการปฏิบัติแต่ละครั้ง 15-30 วินาที และพักระหว่างเซต 3-4 นาที

- ความเมื่อยล้า จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เทคนิคและคุณภาพของการฝึกลดลง อาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บได้ ความเมื่อยล้านี้อาจเป็นผลมาจากการฝึกพลัยโอเมตริกที่ยาวนาน หรือรวมกันระหว่างโปรแกรมการฝึกอื่นๆ เช่น การวิ่ง หรือการฝึกด้วยน้ำหนัก

ขั้นที่ 3 ลักษณะของการเคลื่อนไหว

- กระโดด (Jumps) ขาเดียวหรือสองขาและจบด้วยขาเดียวหรือสองขา ได้แก่

- การกระโดดอยู่กับที่ (Jumps in place) โดยปกติจะเป็นการกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง

- ยืนกระโดด (Standing jumps) อาจจะเป็นแนวราบหรือแนวดิ่งหรือไปด้านข้าง

- เขย่ง (Hops) ขาเดียวหรือสองขาและจบด้วยขาเดียวหรือสองขาในแนวราบ ที่มีเป้าหมายให้ได้ระยะทางมากที่สุด ได้แก่

- ระยะสั้น (10 ครั้ง หรือน้อยกว่า)

- ระยะไกล (มากกว่า 10 ครั้ง)

- ช็อค (Shock) เป็นพลัยโอเมตริกที่ระบบประสาทต้องทำงานอย่างหนัก และเกิดความเครียดที่กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นอย่างมาก ได้แก่ เด็พธ์จั๊ม ซึ่งมีการเคลื่อนไหวในแนวดิ่งและแนวราบ

ขั้นที่ 4 ลำดับความหนัก

- กระโดดอยู่กับที่ (Jumps in place) เป็นท่าฝึกที่มีความหนักในระดับต่ำ ซึ่งเน้นการกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง โดยการกระโดดขึ้นและลงสู่พื้นด้วยสองขา ได้แก่

- กระโดดจากท่าย่อตัว (Squat jumps)

- กระโดดกระตุกเข่าทั้งสองข้าง (Double-leg tuck jumps)

- กระโดดแตะปลายเท้า (Pike jumps)

- กระโดดจากท่าย่อตัวแยกขา (Split squat jumps)

- กระโดดจากท่าย่อตัวแยกขาสลับกับกันไป (Cycle split squat jumps)

- กระโดดข้ามกรวยหรือสิ่งขีดขวาง (Jump over cones or barrier)

- บ๊อกซ์จั๊ม (Box jumps)

- ยืนกระโดด (Standing jumps) เป็นท่าฝึกที่เน้นการกระโดดทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง โดยการกระโดดแต่ละครั้งด้วยความพยายามเต็มที่ ในแต่ละชุดของการฝึกจะกระโดด 5-10 ครั้ง ได้แก่

- ยืนกระโดดไกล (Standing iong jumps)

- ยืนเขย่งก้าวกระโดด (Standing triple jumps)

- กระโดดข้ามกรวยหรือสิ่งกีดขวาง (Jump over cones or barrier)

- กระโดดและเขย่ง (Multriple jumps and hops) เป็นท่าฝึกที่เน้นการกระโดดซ้ำๆกัน คล้ายกับการรวมกันระหว่างกระโดดอยู่กับที่และยืนกระโดดเข้ากัน ได้แก่

- เขย่งสองขา (Double leg hops)

- เขย่งขาเดียว (Single leg hops)

- เขย่งข้ามรั้วหรือกรวย (Hurdle or cones hops)

- เขย่งจากท่าย่อตัว (Squat hops)

- เขย่งก้าวกระโดดซ้ำๆ (Repeat triple jumps)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- เด็พธ์จั๊มและบ๊อกซ์จั๊ม (Depth and box jumps) เป็นท่าฝึกที่เน้นการตอบสนองของรีเฟล็กซ์ยืด เนื่องจากต้องยืนอยู่บนกล่องที่สูงจากพื้น ซึ่งเมื่อกระโดดลงมาสู่พื้นจะทำให้ได้รับอิทธิพลจากแรงดึงดูดของโลกมากขึ้น ความสูงของกล่องจะขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างของนักกีฬาและจุดมุ่งหมายของโปรแกรมการฝึกในแต่ละช่วงของการฝึก ได้แก่

- เด็พธ์จั๊มสองขา (Double leg depth jumps)
- เด็พธ์จั๊มขาเดียว (Single leg depth jumps)
- การฝึกด้วยบ๊อกซ์ (Box drill) ได้แก่การใช้สองขา ขาเดียว สลับขาและกระโดดคร่อม (Double leg, single leg, single leg alternate and straddle jumps)

- กระโดดในแนวราบ (Bounding) เป็นท่าฝึกที่เน้นการเคลื่อนไหวในแนวราบด้วยความเร็วโดยปกติจะใช้ระยะทางมากกว่า 30 เมตร ได้แก่

- กระโดดในแนวราบสลับขา (Alternate leg bounds)
- กระโดดในแนวราบแบบผสมผสาน (Combination leg bounds)
- กระโดดในแนวราบสองขา (Double leg bounds)
- กระโดดในแนวราบขาเดียว (Single leg bounds)

ขั้นที่ 5 การออกแบบโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก มีขั้นตอน 16 ขั้นตอน ดังนี้

- สิ่งที่ควรพิจารณาด้านร่างกาย ได้แก่

1. อายุ
2. น้ำหนัก
3. อัตราส่วนของความแข็งแรง
4. โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในปัจจุบัน
5. โปรแกรมการฝึกความเร็วในปัจจุบัน
6. ประสบการณ์
7. การบาดเจ็บ

โดยพิจารณารายละเอียดในขั้นที่ 1

- สิ่งที่ควรพิจารณา ได้แก่

8. ชนิดของกีฬา
9. ช่วงเวลาของการฝึก
10. ความยาวของโปรแกรมการฝึก
11. ความต้องการเฉพาะของกีฬานั้นๆ

โดยพิจารณาจากรายละเอียดในขั้นตอนที่ 2

- กำหนดโปรแกรม ได้แก่

12. จำนวนของวันที่ใช้ฝึกใน 1 สัปดาห์

- อาจเป็น 1, 2, 3 หรือ 4 วัน

13. วันที่ใช้ฝึก

- อาจเป็นวันจันทร์และวันพฤหัสบดี

14. ปริมาณของการฝึก

- หมายถึงจำนวนครั้งที่เท้าสัมผัสพื้น

| | |
|---|---|
| น้อยกว่า 80 ครั้ง | ต่ำ |
| 80-120 ครั้ง | ปานกลาง |
| 120-160 ครั้ง | สูง |
| มากกว่า 160 ครั้ง | สูงมาก |

15. ความหนักของการฝึก

ต่ำ
ต่ำจนถึงปานกลาง
ปานกลาง
ปานกลางจนถึงสูง
สูง
ช็อค (Shock intensity)

16. ลำดับของการฝึก

จากง่ายไปหายาก
จากต่ำไปหาสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะแรงระเบิดมากกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแรงอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อด้วย จากการศึกษาของแฮกกิเนนและคณะ (Hakkinen et al., 1985) พบว่า ในลักษณะของการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนการพัฒนาแรงและพลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตามประเพณีนิยม

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะไม่มีการผ่อนแรงลดอัตราความเร็วลงในระยะที่จะสุดของการเคลื่อนที่เหมือนที่เกิดขึ้นกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักจะหยุดอยู่ที่ช่วงของการเคลื่อนไหวพอดี ดังนั้นพลัยโอเมตริกจึงเป็นการออกแรงมากและเพิ่มอัตราความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว ซึ่งเหมือนกับลักษณะของกีฬาส่วนใหญ่

3. กิจกรรมพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูงกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก ทำให้สามารถถ่ายโยงลักษณะของการเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วสูง ไปยังสถานการณ์ในการแข่งขันจริงได้

4. กิจกรรมฝึกพลัยโอเมตริก เป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของวงจรเหยียด-สั้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่า เหมือนกับการทำงานของกล้ามเนื้อในนักกีฬาส่วนใหญ่ จากการศึกษาของชมิทไบลเชอร์และคณะ (Schmidtbleicher et al., 1988) พบว่า กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการสนับสนุนความสามารถในการใช้วงจรเหยียด-สั้น โดยการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่เกิดจากการเหยียดตัวออกของกล้ามเนื้อและรีเฟล็กซ์ยืดมากขึ้น

ข้อเสียของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกทำให้เกิดแรงกระแทกในระดับสูงเมื่อลงสู่พื้น ซึ่งแรงกระแทกขนาด 3-4 เท่า ของน้ำหนักตัวนั้น ทำให้เกิดการบาดเจ็บในระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูกได้ ถ้าไม่มีการเตรียมพื้นฐานความแข็งแรงมาก่อนและใช้พื้นรองรับที่ลดแรงกระแทกได้ไม่เหมาะสม

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกตามแบบที่ใช้ทั่วไปนั้น ในการฝึกส่วนล่างของร่างกายก็จะใช้น้ำหนักตัวเป็นน้ำหนักในการฝึก ส่วนบนของร่างกายนั้นจะใช้เมดิซินบอล ขนาด 3-10 กิโลกรัม เป็นน้ำหนักในการฝึก ซึ่งการฝึกส่วนล่างของร่างกายโดยใช้น้ำหนักตัวนั้น ไม่สามารถกำหนดอย่างแน่นอนได้ ถึงแม้ว่าจะมีผู้ที่พยายามศึกษาจนได้ความสูงของกล่องในท่าเด็พธ์จั๊มของผู้ที่มีน้ำหนักต่างๆกัน ทั้งนี้ยังมีปัจจัยด้านเพศ อายุ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ตลอดจนความแข็งแรงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และการฝึกส่วนบนของร่างกายโดยใช้เมดิซินบอลขนาด 3-10 กิโลกรัมนั้น ไม่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์มารองรับ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าพลังกล้ามเนื้อจะพัฒนาได้ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำหนักประมาณ 30-40 ของความแข็งแรงสูงสุด

3. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในด้านจำนวนของท่าฝึก โดยท่าฝึกส่วนใหญ่เป็นท่าฝึกสำหรับส่วนล่างของร่างกายที่เน้นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดสะโพกและขา ส่วนการใช้เมดิซินบอลนั้น ความหนักของเมดิซินบอลยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นลักษณะการเคลื่อนไหวบางอย่างยังไม่สามารถใช้การฝึกพลัยโอเมตริกได้

4. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในการให้ผลย้อนกลับ (Feedback) จากการสำรวจท่าฝึกจำนวน 89 ท่า โดยโดนอล (Donald, 1992) พบว่าเพียง 12 ท่าเท่านั้น ที่สามารถให้ผลย้อนกลับจากการฝึกได้ เช่น จำนวนครั้งที่สัมผัสพื้น หรือเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ แต่ไม่สามารถให้ผลย้อนกลับในด้านพลังกล้ามเนื้อได้ว่า ในการปฏิบัติแต่ละครั้งของท่าฝึกนั้น พลังกล้ามเนื้อจะมีค่าเท่าไหร่ ไม่เหมือนกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่สามารถทราบค่าของความหนักในการปฏิบัติแต่ละครั้งได้ แม้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริกในบางท่า จะสามารถวัดความสูงของการปฏิบัติได้ แต่ก็เป็นการให้ผลย้อนกลับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูง ดังนั้น ความแข็งแรงที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก

**วิธีการพัฒนาความเร็ว**

ความเร็ว เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนักกีฬาหลากหลายชนิด ความเร็วจะเกิดขึ้นได้จากการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว เพื่อเคลื่อนไหวร่างกายไปสู่เป้าหมาย โดยใช้เวลาน้อยที่สุดและได้ระยะทางมากที่สุด

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2536) ได้แบ่งความเร็วออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ความเร็วในการวิ่ง ต้องวิ่งอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ ซึ่งจะวิ่งได้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความถี่ของการเคลื่อนไหว หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนก้าวที่ซอยเท้าในการวิ่งและระยะทางที่วิ่ง

2. ความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นความเร็วที่มีการเคลื่อนไหวขณะเคลื่อนที่ ณ เวลาหนึ่ง

3. ความเร็วในการตัดสินใจเมื่อมีสิ่งเร้าเข้ามากระตุ้นจนถึงตัดสินใจเคลื่อนไหว

ชูศักดิ์ เวชแพทย์และคณะ (2536) ได้แบ่งองค์ประกอบของความเร็วไว้ ดังนี้

1. จำนวนเส้นใยของกล้ามเนื้อที่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสีของกล้ามเนื้อ คือ กล้ามเนื้อสีขาวและกล้ามเนื้อสีแดง โดยกล้ามเนื้อสีแดงเป็นกล้ามเนื้อที่มีความทนทานในการทำงาน ทำให้สามารถออกแรงได้ในระยะเวลานาน ส่วนกล้ามเนื้อสีขาวมีความไวต่อการกระตุ้นจึงทำให้ทำงานได้ในระยะเวลาอันสั้น

2. ระบบประสาท ระบบประสาทมีอิทธิพลต่อความเร็ว เพราะช่วยในการตัดสินใจได้เร็วทำให้มีการเคลื่อนไหวได้เร็ว

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามมีความจำเป็นสำหรับนักกีฬาที่ต้องอาศัยความเร็วในการออกแรงเอาชนะแรงต้านทานที่สูงๆ นั้นคือ น้ำหนักในร่างกายของตนเอง มักเกี่ยวข้องกับนักกีฬาประเภทกระโดดหรือนักกีฬาที่ใช้น้ำหนักมาถ่วงเพิ่ม เช่น กีฬายกน้ำหนัก เมื่อออกแรงต้านที่มีน้ำหนักสูงความเร็วก็จะลดลง การฝึกความเร็วจึงควรฝึกความแข็งแรงในอัตราส่วนที่พอเหมาะ เพราะจะทำให้ความเร็วลดลงหากมีความถ่วงจากน้ำหนักที่มากเกินไป

เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของความแข็งแรง ความเร็วและพลังระเบิดไว้ดังนี้

1. ในการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าด้วยความเร็ว จำเป็นต้องอาศัยพลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบสำคัญ นักกีฬาที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียวแต่ขาดพลังระเบิด ที่มีความจำเป็นในการออกตัวหรือเปลี่ยนจังหวะในการเร่งความเร็วในการเคลื่อนไหว ผลที่เกิดขึ้น คือ ความเร็วต้นในการวิ่งระยะสั้นไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็วในการวิ่งต้องให้ความสำคัญต่อการฝึกที่เน้นทั้งด้านความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อควบคู่กันไป

2. การเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถทำได้โดยวิธีการพิจารณาเลือกวิธีใช้และแบบฝึกที่เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละบุคคลและลักษณะแต่ละประเภทของกีฬานั้นๆ

3. ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น สามารถพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการฝึกความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา ตลอดจนความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวในการฝึกความเร็วจะเกิดผลดีที่สุดต้องฝึกหลังจากที่นักกีฬาอบอุ่นร่างกายเสร็จแล้ว ไม่ควรฝึกหลังจากที่นักกีฬาทำกิจกรรมอื่นหรือจากการฝึกซ้อมด้วยโปรแกรมการฝึกอื่น การฝึกขณะที่นักกีฬามีความเมื่อยล้าจะไม่สามารถพัฒนาความเร็วได้เนื่องจากไม่สามารถใช้อัตราเร่งหรือความเร็วสูงสุดได้

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ความเร็วเป็นคุณสมบัติที่สามารถพัฒนา เสริมสร้างหรือปรับปรุงให้มีความก้าวหน้าขึ้นได้ ด้วยการจัดระบบการฝึกให้เป็นไปอย่างถูกต้อง ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ไม่ว่านักกีฬาจะมีความแตกต่างทางด้านรูปร่าง สัดส่วน อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง หรือมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันก็ตาม ทุกคนสามารถสร้างความเร็วให้เกิดขึ้นได้ แม้พันธุกรรมที่ถูกถ่ายทอดบางอย่างจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของกล้ามเนื้อ หรือมีผลต่อขีดความสามารถทางด้านความเร็วอยู่บ้างก็ตาม แต่การฝึกที่มีการวางสัดส่วนที่เหมาะสม ถูกต้อง ก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะของเส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างจากปกติได้เช่นกัน

เนตร ทองธาระ (2545) องค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาและปรับปรุงความเร็วในการเคลื่อนไหวหรือการวิ่ง คือการเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลังให้กับกล้ามเนื้อ ซึ่งจะส่งผลให้การออกตัวของแต่ละก้าวมีแรงถีบที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีช่วงก้าวในการวิ่งที่ยาวขึ้น และช่วยเพิ่มความเร็วในการก้าวเท้าและการวิ่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย การฝึกด้วยน้ำหนักหรือการออกแรงกระทำต่อความต้านทานในรูปแบบต่างๆ จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการช่วยพัฒนาและเสริมสร้างความแข็งแรง กำลัง ให้กับกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถทางด้านความเร็วในการเคลื่อนไหวแก่นักกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**วิธีการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว**

ความคล่องแคล่วว่องไวเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญและเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเล่นกีฬาต่างๆ ผู้ที่ความคล่องแคล่วว่องไวดีจะส่งผลให้การเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของการวิ่ง กระโดด ปรับเปลี่ยนทิศทาง หลอกล่อหรือหลบหลีกผู้เล่นฝ่ายตรงข้าม เช่น การเคลื่อนที่ไปกับอุปกรณ์กีฬาหรือเคลื่อนที่ด้วยตัวเปล่า ความคล่องแคล่วว่องไวเป็นความเร็วในการปฏิบัติกิจกรรมใดๆในระยะเวลาอันสั้นอย่างฉับพลันและมีประสิทธิภาพ ในการแข่งขันกีฬาผู้ที่มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่า ก็จะสามารถฉกฉวยโอกาสเข้าจู่โจมคู่ต่อสู้ได้อย่างอย่างรวดเร็วในทุกโอกาสและทุกรูปแบบ ซึ่งโอกาสที่มากกว่าก็จะส่งผลต่อการแพ้ชนะในแข่งขันนั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับ สุพิตร สมาหิโต (2541) ที่กล่าวว่า หากมีความบกพร่องในองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความคล่องแคล่วว่องไว จะส่งผลต่อความคล่องตัว ขาดความ

กระฉับกระเฉงต่อการทำกิจกรรมต่างๆในกิจวัตรประจำวัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเชื่องช้า เกิดความไม่ปลอดภัยและอาจเกิดอันตรายได้

เคน (Kent, 1994) ได้ให้ความหมายของความคล่องแคล่วว่องไวว่า คือความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของร่างกายอย่างรวดเร็ว โดยไม่เสียการทรงตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยา การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อและความอ่อนตัวของร่างกาย

ทิโมธีและคณะ (Thimothy et al., 2000) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว คือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว การเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วโดยไม่เสียการทรงตัว

จตุพล กล้วยแดง 2(2548) ได้สรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคล่องแคล่วว่องไวไว้ดังนี้

1. การทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งการทำงานร่วมกันมีผลต่อการเคลื่อนไหวในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่จำเป็นต่อกิจกรรมนั้นๆ

2. พลังกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อที่ดีจะส่งผลดีต่อความคล่องแคล่วว่องไว เพราะกล้ามเนื้อมีแรงอย่างมากในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยความรวดเร็ว การเคลื่อนที่นี้ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อที่มากเพื่อใช้ในการหยุดหรือเปลี่ยนทิศทางในการเร่งความเร็วหรือการพุ่งตัวออกไปข้างหน้า แต่การใช้พลังกล้ามเนื้อที่มากนั้นก็ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วด้วย

3. ความเร็ว ความเร็วเป็นคุณสมบัติส่วนหนึ่งที่เป็นผลมาจากพันธุกรรมและอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type II มีหน้าทีรับผิดชอบด้านความเร็วและความแข็งแรง เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็วและแรงตึงตัวหรือแรงเบ่งสูงสุดสามารถทำงานได้ดีในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 2 นาที ความเร็วเป็นความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ กล่าวคือ การพัฒนาที่ก่อให้เกิดความเร็วนั้น ต้องรู้ลำดับขั้นตอนของการเคลื่อนที่ ความเร็วของขาที่ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) และกล้ามเนื้อน่อง (Calf) ซึ่งมีส่วนช่วยในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในแต่ละช่วงก้าวของการเคลื่อนไหวและความเร็วในการก้าวเท้า

นอกจากนี้ เกชา พูลสวัสดิ์ (2548) ยังได้กล่าวอีกว่า การฝึกเพื่อพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวนั้นจำเป็นต้องพัฒนาในหลายๆส่วน ทั้งในส่วนของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังของกล้ามเนื้อ โดยทั้งสองส่วนนี้ต้องทำงานควบคู่กันไป โดยมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐาน หากนักกีฬาไม่มีความแข็งแรงพื้นฐานที่ดีพอจะทำให้รับการฝึกที่หนักและยาวนานไม่ได้ และอาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บขึ้นได้ในขณะทำการฝึกซ้อมและการแข่งขัน การฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น สามารถทำได้โดยการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบพลัยโอเมตริก

**วิธีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ**

จอห์น บลูมฟิวด์และคณะ (John Bloomfield et al., 1994) ได้กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหมายถึง ปริมาณของแรงที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงเพื่อเอาชนะแรงต้านด้วยความพยายามอย่างเต็มที่

ปีเตอร์และคณะ (Peter et al, 1991)ได้กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด โดยเส้นใยกล้ามเนื้อภายในมัดกล้ามเนื้อจะตอบสนองเมื่อมีแรงต้านหรือมีการฝึกด้วยน้ำหนัก ซึ่งสามารถแยกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงสูงสุด โดยไม่มีการกำหนดว่าจะใช้ความเร็วในการออกแรงเท่าใด แต่ต้องออกแรงที่มีแรงต้านสูงสุด

2. ความแข็งแรงแบบยืดหยุ่น (Elastic strength) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงอย่างรวดเร็ว เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ความเร็วในการหดตัวและความเร็วในการเคลื่อนไหว หรือที่เรียกว่า พลัง (Power) ความแข็งแรงนี้มีความสำคัญในการออกแรงแบบแรงระเบิด (Explosive) เช่น การออกตัววิ่ง การกระโดด การทุ่ม พุ่ง ขว้าง เป็นต้น

3. ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการออกแรงได้อย่างต่อเนื่อง เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่อาศัยความแข็งแรงและความทนทานในการเคลื่อนไหว เช่น การลุก-นั่ง (Sit-up) การดันพื้น (Push up) การวิ่ง 60 วินาที ถึง 8 นาที โดยประมาณ

เบเกอร์ (Baker, 2001) กล่าวว่า ความหนักที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ จำนวนครั้งในการยกที่มากที่สุด (Repetition maximum) และ เปอร์เซ็นของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดใน 1 ครั้ง (% ของ 1 RM) ส่วนความหนักที่ใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้ออาจใช้ในลักษณะเปอร์เซ็นของพลังพลังกล้ามเนื้อที่ยกได้สูงสุด ดังนั้นความหนักที่ใช้ในการฝึก คือ ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ยกได้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ เพราะฉะนั้น ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อ 80-100% ของพลังกล้ามเนื้อที่ยกได้สูงสุด อาจมีน้ำหนักเพียงแค่ 40-60% ของ 1 RM

แพททริค โอเช (Patrick O'Shea, 2000) กล่าวว่า การพัฒนาความแข็งแรงของพลังกล้ามเนื้อ โดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น จะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (Athletic-Type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนช (Power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (Power clean) ท่าพูลส์ (Pulls) และท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Squat) ท่าเหล่านี้ล้วนเป็นท่าฝึกที่มีการยืนที่เป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก สามารถเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการปฏิบัติท่าจริง

ของชนิดกีฬานั้นๆ เช่น การวิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด ทุ่ม พุ่ง ขว้าง ตี และการแท็ค (Tacking) โดยกล้ามเนื้อมีการออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาชนิดนั้น

โอเวน (Owen, 2016) ได้ให้ความหมายของอัตราการพัฒนาแรง (Rete of force development : RFD) ว่าหมายถึง ค่าของความแข็งแรงระเบิดหรือค่าความเร็วที่เท่าไหร่ ที่นักกีฬาสามารถพัฒนาแรงได้สูงสุด ดังนั้น “อัตรา” ของ “พัฒนาแรง” ที่หมายถึง ความเร็วที่กล้ามเนื้อหดตัวสามารถพัฒนากำลังได้สูงสุด ซึ่งอัตราการพัฒนาแรงของนักกีฬาอาจจะทำให้พวกเขามีแรงระเบิดได้เท่ากับที่พวกเขาสามารถพัฒนากำลังที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลาอันสั้น นักกีฬาที่มีการพัฒนาแรงระเบิดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การเล่นกีฬามีการพัฒนามากขึ้นไปด้วย ที่จริงแล้วค่าอัตราพัฒนาแรงที่เพิ่มขึ้นจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกระโดด การสปริ๊นท์ การปีน การยกน้ำหนักและแม้แต่การเหวี่ยงในการตีกอล์ฟที่ดีขึ้น

ค่าอัตราการพัฒนาแรง เป็นความเชื่อโดยทั่วไปว่าจะแสดงให้เห็นระหว่างวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อ (Stretch shorten cycle : SSC) ด้วยการขึ้นอยู่กับช่วงของวงจรการหดด้วยความยาวออกและหดสั้นลง การออกกำลังกายถูกแบ่งประเภทเป็นทั้งแบบช้า (≥250 มิลลิวินาที) หรือ เร็ว (≤250 มิลลิวินาที) แบบความยาวยืดออกและหดสั้นเข้าของการเคลื่อนไหว ยกตัวอย่างเช่น การกระโดดแบบย่อตัวค้างไว้ (CMJ) ถูกจัดเป็นการเคลื่อนไหวแบบวงจรหดสั้นเข้า เพราะระหว่างการฝึก วงจรการยืดออกและหดสั้นลง ยาวประมาณ 80-90 มิลลิวินาที ดังตารางที่ 2 เพราะการเคลื่อนไหวที่ช้ากว่า การออกกำลังกายแบบช้าจึงมีเวลาที่ยาวนานกว่าที่จะพัฒนาแรงมากกว่าแบบเร็ว ซึ่งหมายถึงการออกกำลังกายแบบช้าสามารถสร้างแรงสูงสุดที่เพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 2** ช่วงของวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อของการออกกำลังโดยทั่วไป

| **กิจกรรม** | **ช่วงวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อ (มิลลิวินาที)** | **ประเภทของวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อ** |
|---|---|---|
| การแข่งเดิน | 270 – 300 | ช้า |
| การสปริ๊นท์ | 80 – 90 | เร็ว |
| การกระโดดแบบย่อตัวค้างไว้ (CMJ) | 500 | ช้า |
| การกระโดดลง (20 CM-60 CM) | 130 – 300 | ช้า / เร็ว |
| การกระโดดไกล | 140 – 170 | เร็ว |
| การกระโดดข้ามรั้ว | 150 | เร็ว |

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีความเร่งน้อยกว่าในการพัฒนากำลังระหว่างการเคลื่อนไหวแบบช้าของวงจรการยืดออกและหดสั้นลง นักกีฬาจะไม่พัฒนาแรงได้เร็วเท่าการเคลื่อนไหวแบบเร็วของวงจรการยืดออกและหดสั้นลง ซึ่งหมายความว่าการออกกำลังกายที่มีวงจรการยืดออกและหดสั้นลงช้า ทำให้อัตราการพัฒนาแรงต่ำกว่าการเคลื่อนไหวแบบเร็วของวงจรการยืดออกและหดสั้นลง ดังนั้นการออกกำลังกายแบบช้า จะทำให้เกิดแรงที่สูงขึ้น แต่ลดอัตราการพัฒนาแรงลงกว่าการเคลื่อนไหวแบบเร็ว

**ความสำคัญของอัตราพัฒนาแรงต่อกีฬา**

ในฐานะที่เป็นพลังเป็นปัจจัยสำคัญในการเล่นกีฬาจำนวนมาก การเพิ่มประสิทธิภาพการระเบิดของนักกีฬาอาจมีความสำคัญมาก การวิจัยระบุว่าอัตราการพัฒนาแรง เชื่อมโยงโดยตรงระหว่างการกระโดด การยกน้ำหนัก การขี่จักรยาน การวิ่งแข่ง และแม้กระทั่งในระหว่างการสวิงกอล์ฟ

การที่อัตราการพัฒนาแรงดีขึ้น สามารถนำไปสู่ประสิทธิภาพการกีฬาที่ดีขึ้นด้วย นอกจากนี้นักวิ่งสปริ้นท์หัวกระทิได้แสดงให้เห็นว่าพวกเขามีอัตราการพัฒนาแรงมากขึ้นเช่นกัน ด้วยข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าอัตราการพัฒนาแรงอาจเป็นส่วนสำคัญในการเล่นกีฬา ซึ่งกล่าวได้ว่า การมีอัตราการพัฒนาแรงที่ดีนั้นส่งผลดีต่อนักกีฬาหลายๆด้าน ตัวอย่างเช่น

- อัตราการพัฒนาแรงเชื่อมโยงถึงการกระโดด วิ่ง ขี่จักรยาน การยกน้ำหนัก และการสวิงกอล์ฟที่ดีขึ้น
- นักวิ่งสปริ๊นท์ระดับหัวกระทิมีอัตราการพัฒนาแรงที่ดีกว่านักวิ่งสปริ๊นท์ธรรมดา
- นักกรีฑาที่ได้รับการฝึกฝนกำลังมีอัตราการพัฒนาแรงมากกว่านักกีฬาที่ไม่ได้รับการฝึกฝนกำลัง
- นักกรีฑาที่ได้รับการฝึกฝนกำลังมีอัตราการพัฒนาแรงมากกว่านักกรีฑาที่มีความอดทน

วิธีการคำนวณอัตราพัฒนาแรง

เมื่ออัตราการพัฒนาแรงแสดงออกถึงความแข็งแรงของการระเบิดจะวัดเป็นนิวตันต่อวินาทีที่ยกกำลังสอง (N · s-1) อัตราการพัฒนาแรงสามารถคำนวณการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีมิติเท่ากัน การหดตัวของกล้ามเนื้อส่วนกลาง และกล้ามเนื้อที่ผิดปกติโดยในระยะหลังๆ จะมีการอ้างถึงในงานวิจัยว่าเป็นขั้นตอนการเร่ง “เชิงบวก”และ“เชิงลบ”ของวงจรการยืดออกและหดสั้นลงของกล้ามเนื้อ ในความเป็นจริงงานวิจัยชิ้นหนึ่งชี้ให้เห็นว่าอัตราการพัฒนาแรงที่ผิดปกติ เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการกระโดดได้ดีกว่าอัตราการพัฒนาแรงส่วนกลาง เพราะนั่นได้สรุปถึงคุณสมบัติภายในของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นในช่วงเวลาสำคัญ อย่างไรก็ตามงานวิจัยชิ้นนี้ยังไม่ผ่านการตรวจสอบที่ถูกต้อง

วิธีการวัดอัตราการพัฒนาแรงได้มีการพัฒนา เพื่อวัดองค์ประกอบต่างๆที่หลากหลายของสมรรถนะในระหว่างการเคลื่อนไหวทั้งแบบมีมิติและแบบไดนามิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรง หรือดัชนีความสามารถในการระเบิด (IES)
- ช่วงเวลาของอัตราการพัฒนาแรง
- อัตราการพัฒนาแรงในชั่วขณะ
- จุดสูงสุดหรือมากสุดของอัตราการพัฒนาแรง
- เวลาสูงสุดของอัตราการพัฒนาแรง

ค่าเฉลี่ยของอัตราการพัฒนาแรง : ค่านี้เหมือนกับ ดัชนีความสามารถในการระเบิด (IES) ที่กล่าวถึงโดย วลาดิเมียร์และคณะ (Vladimia et at., 1995) คำนวณโดยการหารกำลังสูงสุดตามเวลาเพื่อให้ได้ค่าแรงสูงสุด อย่างไรก็ตามรูปแบบการวัดค่าเฉลี่ยของอัตราการพัฒนาแรง นี้ แสดงให้เห็นว่ามีความเชื่อถือได้ในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอัตราการพัฒนาแรง ละอัตราการพัฒนาแรงสูงสุด ระดับความเชื่อมั่นที่ต่ำกว่านี้อาจสัมพันธ์กับเวลาของนักกีฬาแต่ละคนเพื่อให้ไปถึงแรงสูงสุด เพราะนักกีฬาทุกคนไม่สามารถไปถึงแรงสูงสุดได้ในกรอบเวลาเดียวกัน ดังนั้นการวัดอัตราการพัฒนาแรง โดยใช้ช่วงเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้าสามารถรองรับความแปรปรวนดังกล่าวได้

วิธีคำนวณอัตราการพัฒนาแรงโดยเฉลี่ย

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการพัฒนาแรงเฉลี่ย

- ค่าเฉลี่ยอัตราการพัฒนาแรง [N · s-1] = แรงสูงสุด [N] / เวลาเพื่อให้ได้แรงสูงสุด [s] / [toggle]

- ช่วงเวลาของอัตราการพัฒนาแรง : แม้ว่าการวัดอัตราการพัฒนาแรงนี้ มีประสิทธิภาพเท่ากับ ค่าเฉลี่ยของอัตราการพัฒนาแรง ซึ่งมันถูกคำนวณในช่วงเวลาต่างๆ (เช่น 0-30, 0-50, 0-90, 0-100, 0-150, 0-200 และ 0-250 มิลลิวินาที) ค่านี้หมายถึงการเปลี่ยนแปลงในกำลัง หารด้วยการเปลี่ยนแปลงของเวลา การคำนวณโดยการหารกำลังในตอนท้ายของช่วงเวลาโดยช่วงระยะเวลาบันทึกไว้ว่าเมื่อคำนวณอัตราการพัฒนาแรง เวลาควรคำนวณเป็นวินาทีไม่ใช่มิลลิวินาที

วิธีคำนวณ Time-Interval RFD

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการพัฒนาแรง ด้วยช่วงเวลา 0-30 มิลลิวินาที:

- อัตราการพัฒนาแรง [N · s-1] = เปลี่ยนกำลัง [N] / เปลี่ยนเวลา [s]
- อัตราการพัฒนาแรง [N · s-1] = กำลัง [N] ที่ 30 มิลลิวินาที / 0.03 วินาท ช่วงเวลา [s]
- อัตราการพัฒนาแรง [N · s-1] = 50N / 0.03 วินาที
- อัตราการพัฒนาแรง [N · s-1] = 1,666

**หลักการฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก**

วิลสันและคณะ (Wilson et al., 1994) การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก (Plyometric training with weight) เป็นการรวมกันในลักษณะที่เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกพลัยโอเมตริก แต่ใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไป ซึ่งมีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักหรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างเดียว โดยสามารถฝึกได้ทั้งส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย เช่น ส่วนบนของร่างกายใช้การฝึกเบนช์เพรส (Bench press) โดยใช้เครื่องมือพลัยโอเมตริก เพาเวอร์ซิสเท็ม (Plyometric power system) และส่วนล่างของร่างกายใช้การฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก (Squat jump training with weight) ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของท่าทางการฝึก จึงนิยมใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายมากกว่า

นิวตันและคณะ (Newton et al., 1994) ได้อ้างถึงการค้นพบของคาเนโกะและคณะ (Kaneko et al., 1983) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวสั้นลง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ 30% ของ 1 RM ด้วยความเร็วมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจากการค้นพบของฟอล์คเนอร์และคณะ (Faulkner, 1986) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลง โดยการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนัก 30% ของ 1 RM ความเร็วของการออกแรงของกล้ามเนื้อจะมีค่าประมาณ 30% ของ 1 RM

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก ซึ่งน้ำหนักที่ใช้จะต่างกันไปในการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยท่าสควอทจั๊มนั้น สโตนและคณะ (Stone et al., 2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของ 1 RM ในการทำสควอทแบบย่อตัวและกระโดดขึ้นทันที และแบบย่อตัวค้างไว้แล้วกระโดด ดูผลของพลังที่ได้จากการฝึก พบว่า พลังที่ได้จากการฝึกทั้งสองแบบนั้น จะเกิดขึ้นในความหนักที่ 10% ของ 1 RM และจะลดลงเรื่อยๆเมื่อมีแรงต้านเพิ่มมากขึ้น จึงได้แนะนำว่า ในการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดควรที่จะเริ่มใช้ความหนักประมาณ 10% ของ 1 RM และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 40% ของ 1 RM และยังได้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณน้ำหนักในการฝึกเอาไว้ ดังนี้

**ตารางที่ 3** แสดงวิธีการหาน้ำหนักในการฝึกสควอทจั๊มตามแบบของสโตนและคณะ

| 1 RM (ปอนด์) | น้ำหนักของร่างกาย (ปอนด์) | น้ำหนักรวมทั้งหมด (ปอนด์) | น้ำหนัก 40% ของน้ำหนักรวม (ปอนด์) |
|---|---|---|---|
| 400 | 200 | 600 | 240 |
| 400 | 300 | 700 | 280 |

ข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก เอกลักษณ์ แสนสุข (2550)

1. ใช้เวลาในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

2. กิจกรรมการฝึกมีลักษณะการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นหลัก โดยมีการฝึกด้วยน้ำหนักช่วยเสริม ซึ่งใช้ข้อดีของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากที่สุด กับข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีการเคลื่อนไหวด้วยอัตราสูง และมีการเร่งความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว

3. ให้ผลในการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไปหรือการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกเพียงอย่างเดียว

ข้อเสียของการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก เอกลักษณ์ แสนสุข (2550)

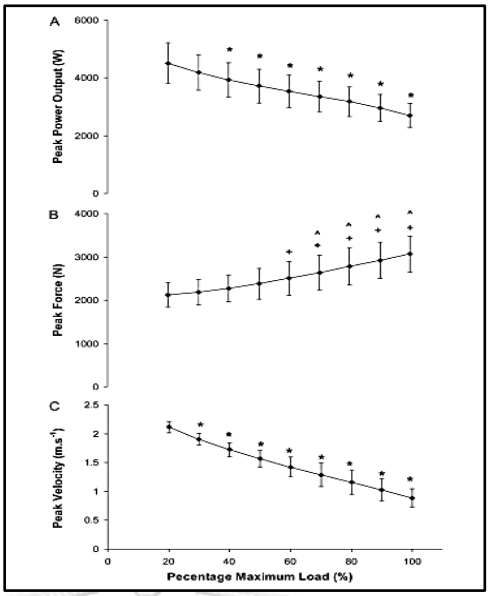
1. การใช้น้ำหนักที่มากเกินไป แล้วปฏิบัติในลักษณะพลัยโอเมตริก ทำให้เกิดแรงกระแทกมากในขณะสัมผัสพื้น ซึ่งจะอัตราเสี่ยงจากการบาดเจ็บสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ช่วงเวลาของการสัมผัสพื้นเพิ่มมากขึ้นและความเร็วในการปฏิบัติลดลงอีกด้วย

2. มีความจำกัดเกี่ยวกับท่าฝึก ซึ่งไม่สามารถใช้ท่าฝึกของพลัยโอเมตริกได้ทุกท่า เนื่องจากมีการเพิ่มน้ำหนักจากภายนอกเข้าไป โดยเฉพาะท่าที่มีการเคลื่อนที่

**ความหนักที่ใช้ในการฝึกท่าสควอทจั๊ม**

สโตนและคณะ (Stone et al., 2003) ได้พบว่าช่วงความหนักที่จะสามารถฝึกท่าสควอทจั๊มเพื่อเพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้จะอยู่ในช่วง 10-40 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM น้ำหนักในการฝึกที่เบาที่สุดจะอยู่ที่ 10%ของ 1 RM และสูงสุดไม่เกิน 40% ของ 1 RM

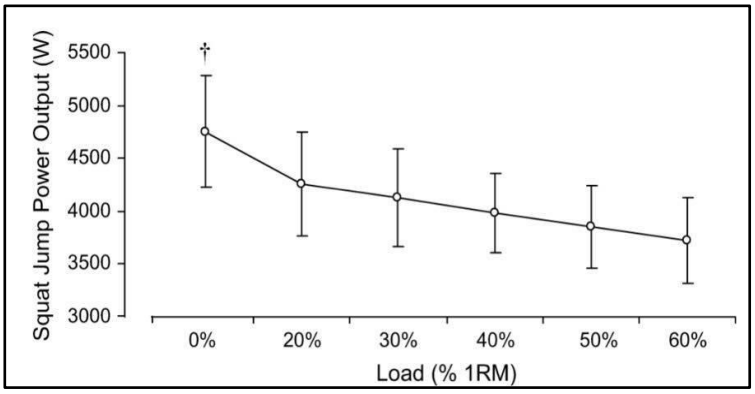
เทอเนอร์และคณะ (Turner et al., 2012) ทำการศึกษาผลฉับพลันของน้ำหนักที่ใช้ในการสควอทจั๊ม ด้วยความหนัก 10%-100% ของ 1 RM ที่มีผลต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุด (รูปที่ 1) พบว่าความหนักที่ใช้ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อ ในท่าสควอทจั๊ม ที่ดีที่สุดสำหรับการฝึกนักกีฬารักบี้อยู่ในช่วงที่ 20% ของ 1 RM และค่าพลังสูงสุด และความเร็วของบาร์เบลล์สูงสุดจะลดลงเมื่อเพิ่มความหนักในการฝึกเพิ่มขึ้น แต่ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักมากขึ้น




**รูปที่ 1** กราฟแสดงสมมุติฐานการตอบสนองของพลังสูงสุด ความเร็วสูงสุด และแรงสูงสุด
ที่มา : เทอเนอร์และคณะ (Turner et al., 2012)

ฮิว และคณะ (Huw et al., 2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับน้ำหนักที่เหมาะสมในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของนักรักบี้อาชีพ โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักรักบี้อาชีพ พบว่าการแสดงออกของพลังกล้ามเนื้อขาสูงสุดนั้นจะต้องคำนึงถึงตัวแปร 2 ด้าน คือ แรง (Force) และความเร็วในการเคลื่อนไหว (Velocity) เมื่อเพิ่มน้ำหนักจากภายนอกมากจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหวเป็นสาเหตุทำให้พลังกล้ามเนื้อสูงสุดมีค่าน้อย ดังนั้น น้ำหนักจากภายนอกในท่าสควอทจั๊ม ที่ระดับความหนัก 20% ของ 1 RM ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาสูงกว่าที่ระดับความหนัก 30, 40, 50 และ 60% ของ 1 RM (รูปที่ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University




**รูปที่ 2** กราฟแสดงค่าพลังในท่าสควอทจั๊ม
ที่มา : ฮิว และคณะ (Huw et al., 2011)

**การฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic)**

เดวิด และคณะ (David et al., 2010) อ้างใน นภัส สังข์ทอง (2554) กล่าวว่า นิวเมติก (Pneumatic) หมายถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านจากแรงดันอากาศจะมีความเหมือนกับแรงต้านจากยางยืด โดยที่อุปกรณ์แรงต้านจากอากาศ (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้นมาและพื้นที่ที่แรงนั้นกดลง ดังสมการที่ 1

สมการที่1

$$P = \frac{F\ (Pneumatic)}{A}$$

โดย P คือ ความดันอากาศ (Air Pressure)

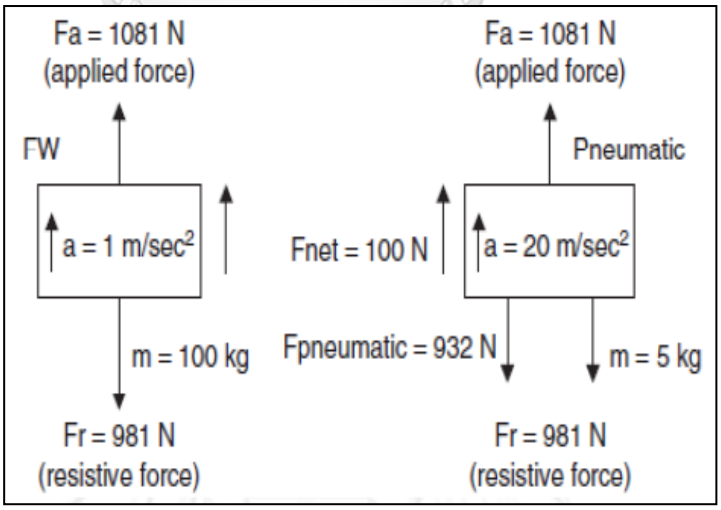
F (Pneumatic) คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)

A คือ พื้นที่ที่อากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

เดนนิส ไกเซอร์ ผู้ก่อตั้ง นิวเมติก (Pneumatic) ขึ้นมาโดยใช้ชื่อว่า ไกเซอร์ โดยเครื่องมือนี้ทำขึ้นเพื่อให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่าการใช้ฟรีเวทเมื่อแรงต้านเท่ากัน

นิวเมติก (Pneumatic) ถูกคิดมาจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ดังสมการที่ 2 และรูปที่ 3

สมการที่ 2 F (net) = m (mass) x a (acceleration)




**รูปที่ 3** แสดงการเปรียบเทียบคิเนเมติค (Kinematic) และคิเนติค (Kinetic) ตามทฤษฎีของอุปกรณ์แรงต้นแบบอิสระ (Free weight) และแรงต้านจากนิวเมติคโดยให้มีแรงต้านเท่ากัน

ที่มา : เดวิด และคณะ (David et al., 2010) อ้างใน นภัส สังข์ทอง (2554)

ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิวเมติกจะใช้ความดันอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์แบบฟรีเวทโดยการออกแรงที่เท่ากัน (Applied force)

บทความของบริษัท Keiser Corporation (2011) อ้างถึงใน นภัส สังข์ทอง (2557) กล่าวว่า ด้วยกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์บางข้อ ทำให้การฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ถ้ามีการฝึกโดยการยกด้วยแผ่นน้ำหนักที่มีความเร็วไม่มาก หรือ ความเร็วคงที่ น้ำหนักที่ใช้ฝึกจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้ามีความเร็วเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักที่ใช้ฝึกนั้นจะเปลี่ยนไป กล่าวคือ ขณะที่ยกขึ้นจะรู้สึกหนักมาก เมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นจะรู้สึกเบาขึ้นเหมือนน้ำหนักที่เคยยกปกติ เมื่อลดความเร็วลงจนหยุดจะรู้สึกว่าน้ำหนักเบาลง ซึ่งเราสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน แม้ว่าในความเป็นจริงน้ำหนักจะไม่มีความเปลี่ยนแปลง จะมีแรงพยายามอย่างมากในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก เหมือนกับการยกคานเหล็กหรือแผ่นเหล็กขึ้น แรงพยายามจะทำให้เรายกคานเหล็กและแผ่นเหล็กขึ้นในทิศทางเดิม เพราะความเร่งในการยกคานและแผ่นเหล็กนั้นกำหนดโดยผู้ยกเอง

พื้นฐานทฤษฎีที่มาจากกฎของนิวตัน ที่ว่า แรงเท่ากับมวลคูณความเร่ง (ความเร่ง คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว) $F = m \times a$

ความเร่ง คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วในขณะเคลื่อนที่เพื่อให้ไปถึงความเร็วสูงสุด ความเร่งมีความสำคัญอย่างมาก ตัวอย่างจากสูตรการคำนวณแสดงให้เห็นว่า มวลมากจะทำให้แรงที่เกิดมากขึ้นด้วย ซึ่งไม่สามารถเกิดขึ้นได้กับการยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร่ง เนื่องจากแรงจะเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักที่ยกขึ้นช่วงแรก ตัวอย่างเช่น นักทุ่มน้ำหนักต้องใช้ความพยายามอย่างมากในการออกแรงในช่วงแรก เพราะนักกีฬาต้องใช้ความเร่งที่มากในการทุ่มน้ำหนัก จึงทำให้เกิดระยะทางที่มากขึ้นตามไปด้วย กฎของนิวตันเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างมากในการออกแบบเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้าน ตั้งแต่ปี 1898 โดย Max Herz และ Nautilus machine ของโจนส์ (Jones) ในปี 1970 เป็นสิ่งที่ยิ่งใหญ่มากเมื่อทำให้ความเร่งเข้าใกล้ศูนย์ได้ สมัยก่อนใช้เหล็กเป็นแรงต้าน แต่โจนส์ไม่ได้ลดน้ำหนักของมวลลง เพราะเขาต้องการปรับความเร่งให้เข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด เพราะฉะนั้นเขาจึงให้ฝึกน้ำหนักด้วยความเร็วที่น้อยเพราะจะทำให้ความเร่งไม่มีผลกับแรง

ต่อมา เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกที่จะทำในทางตรงกันข้าม เพราะรู้ว่าความเร็วเป็นสิ่งที่มีความสำคัญทางการกีฬาและการฝึกนักกีฬา เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกที่จะไม่เปลี่ยนแปลงความเร่งแต่ไปลดมวลแทน นั่นหมายความว่าแผ่นน้ำหนักจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก แต่แรงต้านยังคงเท่าเดิม

เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เป็นเทคโนโลยีของเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก เรียกว่า เทคโนโลยี

แรงดันอากาศ (Pneumatic Technology) ซึ่งใช้หลักการทำงานง่ายๆโดยใช้หลักของกระบอกลมอากาศมาสร้างเป็นอุปกรณ์ชนิดนี้ขึ้นมา เมื่อออกแรงโดยใช้กล้ามเนื้อแบบ Concentric จะทำให้เกิดแรงต้านจากความดันอากาศในกระบอกลม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากได้ทำสองอย่างพร้อมกัน คือ 1. เพิ่มความดันอากาศในกระบอกลม เพิ่มแรงต้านซึ่งสร้างด้วยกระบอกลม ที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ในระบบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงต้านเป็นเส้นโค้ง ซึ่งเป็นวิธีการออกแรงต้านกับกระบอกลมโดยร่างกายของเราเอง เป็นการออกแรงแบบ Concentric คือกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า มีการเปลี่ยนแปลงคานและมุมการเคลื่อนไหว 2. มีแรงต้านในการออกแรงตอนกลับ ซึ่งจะเป็นการออกแรงของกล้ามเนื้อแบบ Eccentric ซึ่งไม่เหมือนกับระบบไฮโดรลิกที่จะไม่มีการสร้างแรงต้านขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบ Eccentric

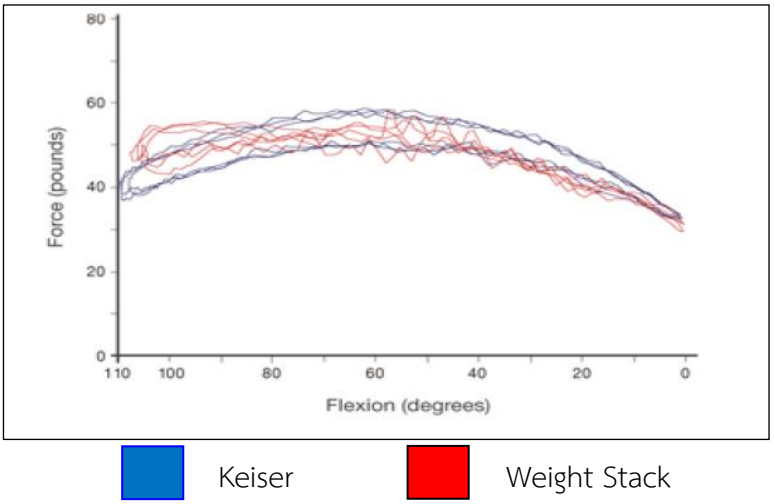
เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศสามารถให้แรงต้านทั้งบวกและลบได้เช่นกัน แต่ไม่ทำให้เกิดแรงกระแทกที่รุนแรงขณะการเริ่มและหยุด เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะลดแรงกระแทกตลอดเวลาที่ออกกำลังกาย เราสามารถลดแรงต้านโดยการใช้นิ้วกดปุ่มลบ (-) เพื่อเป็นการปล่อยอากาศออกจากระบบเพื่อลดแรงต้านได้ทันที

ความแตกต่างที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน จะสังเกตได้จากกราฟ แสดงค่าแรงในการออกกำลังกายในท่าเตะขาไปด้านหน้า (Leg-extension) ระหว่างการใช้แผ่นน้ำหนักกับการใช้เครื่องที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศของ Keiser กราฟจะแสดงค่าแรงที่ได้จากเครื่องออกกำลังกายทั้งสองเครื่อง โดยใช้แรงต้านเท่ากัน มีแผ่นวัดแรงที่ติดที่ขาและส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์ แสดงออกมาเป็นกราฟค่าแรงกับค่ามุมที่ใช้

กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นที่มุมต่างๆของการฝึกด้วยเครื่องเตะขา (Leg-Extension) ระหว่างการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Weight Stack) การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Keiser)

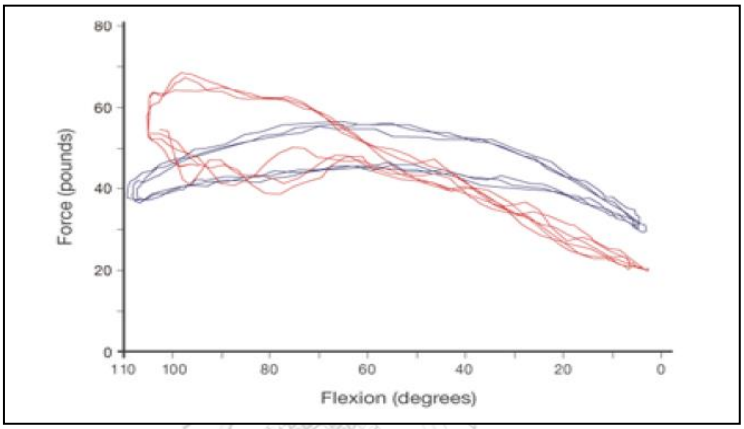
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**รูปที่ 4** แสดงกราฟของการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากขึ้น



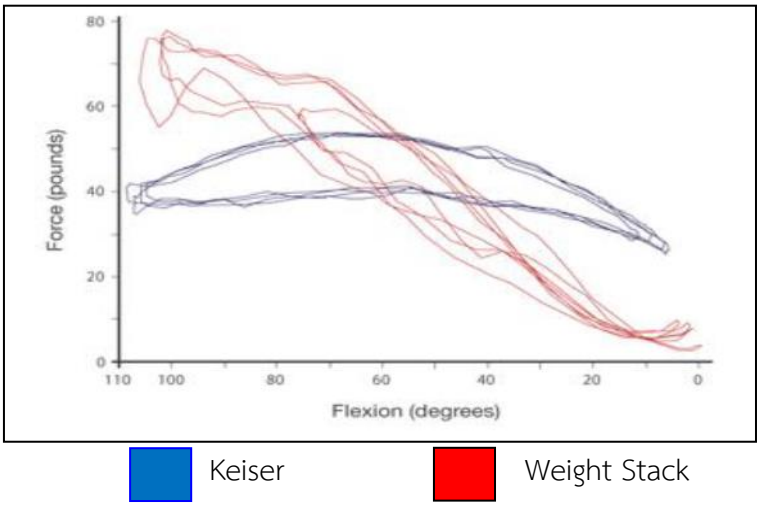
จากรูปที่ 4 แสดงการเตะขึ้น 2 วินาที และเตะลง 2 วินาที จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการออกแรง จะเกิดแรงเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยในการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นน้ำหนัก ส่วนเครื่องที่ใช้แรงดันอากาศของ Keiser ไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลง มุมที่เหมาะสมในการออกแรง คือ 60-70 องศา (Flexion) แต่ข้อควรระวังในการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นน้ำหนักคือการเริ่มต้นของการออกแรง หัวเข่าอาจได้รับการบาดเจ็บได้ (นภัส สังข์ทอง, 2557)

**รูปที่ 5** แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น




จากรูปที่ 5 แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นกว่ากราฟในรูปที่ 4 คือเตะขึ้น 1 วินาที และลง 1 วินาที จะเห็นได้ชัดว่ากราฟของการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นหนัก (Weight Stack) และแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Keiser) มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นน้ำหนักจะเกิดแรงช่วงแรกมากขึ้นถึง 70% (นภัส สังข์ทอง, 2557)

**รูปที่ 6** แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด



จากรูปที่ 6 แสดงกราฟการออกแรงเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด โดยเตะขึ้นครึ่งวินาที และลงครึ่งวินาที กราฟของการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นน้ำหนักจะแตกต่างจากการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศอย่างชัดเจน พิสูจน์ได้จากกฎของนิวตัน กล่าวคือ ช่วงแรกของการฝึกแรงต้านด้วยแผ่นน้ำหนักนั้น เมื่อเริ่มยกแผ่นน้ำหนักจะต้องใช้แรงอย่างมากเพื่อสร้างความเร่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความเร็วในการยกตามมา แต่ในช่วงหลังแรงต้านจะต่ำลงเมื่อแผ่นน้ำหนักเคลื่อนช้าลงจนหยุด ซึ่งตรงกันข้ามกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าผู้ใช้จะฝึกด้วยความเร็วที่มากขึ้นแค่ไหน แรงที่เกิดขึ้นจะมากที่สุดที่มุม 60-70 องศา ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมต่อผู้ฝึก และลดอาการบาดเจ็บจากการฝึกที่มีความเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากในการฝึกนักกีฬา (นภัส สังข์ทอง, 2557)

ข้อดีของระบบนิวเมติก

อนุชา หิรัญวัฒน์ (2548) กล่าวว่า

1. ลมอัดมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ดังนั้นความเร็วของการทำงานก็จะมีค่าสูงไปด้วย
2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงสามารถก่อให้เกิดการทำงานได้โดยตรง
3. ความเร็วและแรงของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติก สามารถทำการปรับแต่งได้ตามต้องการ
4. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อได้ง่าย แม้ว่าจะมีระยะทางไกลก็ตาม
5. เครื่องมือและอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติก สามารถป้องกันการทำงานเกินกำลังได้

**การผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ**

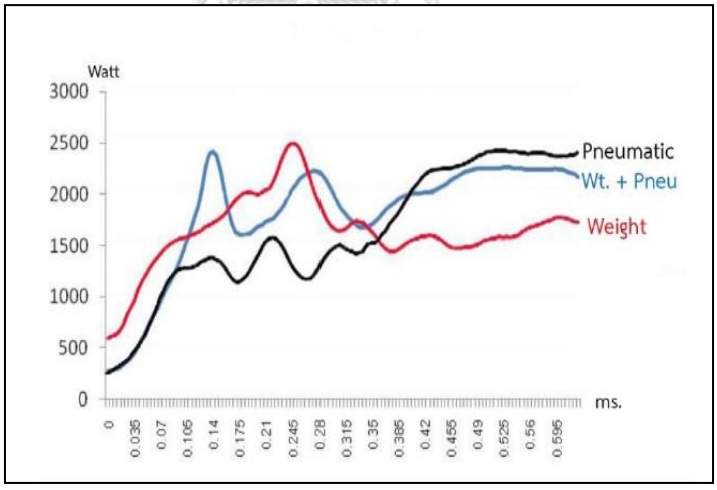
เบเกอร์และคณะ (Baker et al., 2001) กล่าวว่า แรงต้านอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความเคลื่อนไหวของข้อต่อ จากการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายฟรีเวทอย่างเดียว ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างความหน่วง 67% ของช่วงคอนเซ็นตริค ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริคหายไป 19.4% ของความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อไม่สามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic training) เป็นการฝึกด้วยแรงต้านชนิดหนึ่งที่ช่วยเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เป็นการฝึกรูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการฝึกด้วยน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท เพราะสามารถออกแรงได้ตลอดมุมของการเคลื่อนไหว แต่จะมีข้อเสียเปรียบในเรื่องของการพัฒนาพลังสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก

เดวิดและคณะ (Davidet al., 2010) กล่าวว่าปัจจุบันได้มีการพยายามพัฒนาสร้างเครื่องมือในการฝึกรูปแบบใหม่ที่จะเอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลัง

กายแบบฟรีเวท หรือมีการนำแรงต้านรูปแบบอื่นมาผสมผสานกับการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อชดเชยส่วนที่เป็นข้อด้อยของการฝึกด้วยน้ำหนัก จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแรงต้านที่เปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance device) โดยเดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เป็นเทคโนโลยีของเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก เรียกว่า เทคโนโลยีแรงดันอากาศ (Pneumatic Technology) ซึ่งใช้หลักการทำงานง่ายๆโดยใช้หลักของกระบอกลมอากาศมาสร้างเป็นอุปกรณ์ชนิดนี้ขึ้นมา ซึ่งสามารถผสมผสานกับการฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนักได้ซึ่งสามารถทำให้กล้ามเนื้อทำงานออกแรงได้เต็มที่ตลอดช่วงของการฝึก

สุทธิกร อาภานุกูล (2558) ได้ทำการศึกษาการออกแรงของการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เปรียบเทียบกับลักษณะการออกแรงของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก และการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ พบว่า การออกแรงของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักจะออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหว ส่วนการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะทำให้ออกแรงเพิ่มมากขึ้นตลอดมุมการเคลื่อนไหว แต่การผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ จะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหวและออกแรงได้เต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 7




**รูปที่ 7** กราฟแสดงการออกแรงของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก การฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ และการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ
(สุทธิกร อาภานุกูล, 2558)

ต่อมา สุทธิกร อาภานุกูล (2558) ทำการศึกษาอัตราส่วนของแรงต้านด้วยน้ำหนักผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ ซึ่งทดสอบโดยให้นักกีฬาเทนนิสชาย 15 คน ทำการยกท่าซูโม่สควอท 3 เซ็ต เซ็ตละ 6 ครั้ง ที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ โดยมีรูปแบบ

สัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, และ 50:50 โดยผลการทดลองพบว่า รูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 90:10 สามารถทำให้เกิดพลังสูงสุดได้มากที่สุดของทุกรูปแบบที่ใช้ในการทดลอง

กฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก สร้างแรงต้านทั้งในทางบวกและทางลบ (ทั้งยกขึ้นและลง) เหมือนกับการยกแผ่นน้ำหนัก แต่ไม่มีแรงกระแทกที่รุนแรง ทั้งจากการเริ่มยกและวางลง เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก จะลดแรงกระแทกตลอดเวลาที่ออกกำลังกาย เราสามารถลดแรงต้านโดยใช้นิ้วกดปุ่ม (-) ค้างไว้ ซึ่งเป็นการปล่อยอากาศออกจากกระบอกลม ซึ่ง กฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมผสานกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยน้ำหนัก 85% ของ 1 RM กลุ่มที่ 1 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มที่ 2 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% กลุ่มที่ 3 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 80% ใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง หลังสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 2 และ 3 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม

จากงานวิจัยของกฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) แสดงให้เห็นว่า การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมผสานกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวได้ เนื่องจากการใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศทำให้เกิดความเร่งได้มากกว่าการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักในการยกที่ใช้น้ำหนักเท่ากัน เนื่องจากแรงต้านด้วยแรงดันอากาศมีมวลที่น้อยกว่า ทำให้เกิดความเร่งในการยกที่มากกว่า เมื่อนำแรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่มีคุณสมบัติในการออกแรงเพิ่มมากขึ้นตลอดมุมการเคลื่อนไหว กับแรงต้านด้วยน้ำหนักที่มีคุณสมบัติในการออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหวมาผสมผสานกันจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหวและออกแรงได้เต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

**งานวิจัยในประเทศ**

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้ทำการวิจัยการเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อน ที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา มีกลุ่มควบคุมฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและกลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อน ทำการฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาและความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า

1. การฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การฝึกเชิงซ้อนและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เนตร ทองธาระ (2545) ได้ทำการวิจัยผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักฟุตบอล โดยทำการสุ่มแบบกำหนดลงในกลุ่ม 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกตามปกติและฝึกความเร็ว กลุ่มที่ 2 ฝึกตามปกติ ฝึกความเร็วและฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบวา

1. หลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์ มีผลต่อการพัฒนาความเร็ว (3.60 วินาที) ดีกว่าการฝึกความเร็วเพียงอย่างเดียว (3.84 วินาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 6 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ การพัฒนาความเร็วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนศักดิ์ แพทยานนท์ (2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกเสริมด้วยพลัยโอเมตริกต่อความสามารถในการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 4-6 โดย

แบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ทั้งหมด 2 กลุ่ม ที่ใกล้เคียงกัน กลุ่มควบคุมฝึกทักษะการกระโดดยิงประตูเพียงอย่างเดียว ทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน และกลุ่มทดลองฝึกเสริมพลัยโอเมตริกสัปดาห์ละ 2 วัน ควบคู่กับการฝึกทักษะการกระโดดยิงประตู โดยทำการฝึก 8 สัปดาห์

ผลการวิจับพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกเสริมพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกทักษะการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล มีความสามารถในการยืนกระโดดแตะแนวดิ่ง การวิ่งกระโดดแตะและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ 8 กลุ่มที่ฝึกเสริมพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกทักษะการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอล มีความสามารถในการยืนกระโดดแตะแนวดิ่ง การวิ่งกระโดดแตะและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิตติพงษ์ เพ็งศรี (2549) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิง โดยกลุ่มควบคุม ฝึกวอลเลย์บอลเพียงอย่างเดียว ส่วนกลุ่มทดลอง ฝึกวอลเลย์บอลควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริก โดยใช้เวลาในการฝึกตามโปรแกรมการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน และมีการทดสอบความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อขาก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 พลังของกล้ามเนื้อขาของนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มทดลองมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ไม่ต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พจั๊มและการฝึก สคอทจั๊มด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พจั๊ม และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก หลังการทดลอง 6 สัปดาห์พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกที่สควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พจั๊ม มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พจั๊ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมผสานกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ ทำการฝึก 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยน้ำหนัก 85% ของ 1 RM กลุ่มที่ 1 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มที่ 2 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% กลุ่มที่ 3 ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 80% ใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่าง กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่แตกต่างกัน แต่พบความแตกต่างภายในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 หลังการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 สรุปได้ว่า การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศผสมผสานกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนต่อน้ำหนักตัวตลอดจนพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ไม่แตกต่างกัน

นภัส สังข์ทอง (2557) ได้ศึกษาผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านด้วยแรงดันอากาศด้วยความหนักที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด โดยทำการฝึกสควอท (Squat) ด้วยแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ ได้แก่ ความหนักที่ 15, 30, 45, 60, 75, และ 90% ของ 1 RM จำนวน 3 ครั้ง 1 เซต ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ค่าพลังสูงสุดในขณะทำท่าสควอท (Squat) ที่ความหนัก 15% มีค่าพลังสูงสุดมากกว่าความหนักที่ 60, 75, และ 90% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าแรงสูงสุดในการทำท่าสควอท (Squat) ที่ความหนัก 90% มีค่าแรงมากกว่าความหนักที่ 15, 30, และ 45% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความเร็วสูงสุดในขณะทำท่าสควอท (Squat) ที่ความหนัก 15% มีค่าความเร็วมากกว่าความหนักที่ 30, 45, 60, 75, และ 90% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการวิจัยพบว่า การฝึกด้วยแรงต้านด้วยแรงดันอากาศในขณะทำท่า Squat ความหนักที่ 15% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความหนักที่ 90% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาแรงกล้ามเนื้อและความหนักที่ 15% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาความเร็ว

พันธ์วดี อินทรมณี (2557) ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดกับการฝึกกระโดดด้วยยางยืดแบบมีลูกรอกที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการกระโดดแนวดิ่งของนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชนหญิง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มที่ 1 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยแบกบาร์เบลล์ไว้บนบ่าแล้วกระโดดด้วยระดับความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM กลุ่มที่ 2 ฝึกกระโดดด้วยยางยืดแบบลูกรอกโดยใช้ยางยืดยึดบริเวณเอว แล้วกระโดดด้วยระดับความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM ใช้ระยะในการฝึก 8 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน ซึ่งได้ผลคือการฝึกกระโดดด้วยยางยืดแบบมีลูกรอกด้วยระดับความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการกระโดดแนวดิ่งของนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชนหญิงได้ดีกว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด ด้วยระดับความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 RM

สุทธิกร อาภานุกูล (2558) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส โดยมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก พบว่า รูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 90:10 สามารถทำให้เกิดพลังสูงสุดได้มากที่สุดของทุกรูปแบบที่ใช้ในการทดลอง ในขั้นตอนที่ 2 ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศด้วยรูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 90:10 โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก + การฝึกปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 การฝึกผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ + การฝึกปกติ และกลุ่มทดลองที่ 3 กลุ่มควบคุม ฝึกปกติ ผลการทดลองพบว่า หลังการทดลองกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองของทุกตัวแปร นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทนพลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ เป็นรูปแบบการฝึกที่ช่วยเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิสได้ดี เนื่องจากรูปแบบการฝึกนี้สามารถพัฒนาทั้งพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว ยิ่งไปกว่านั้นรูปแบบการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักผสมผสานกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศนี้ยังช่วยทำให้สามารถเพิ่มพลังอดทนได้ดีกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

**งานวิจัยต่างประเทศ**

วิลเลี่ยมส์ (Williams, 1991) ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกด้วยน้ำหนักในท่าสควอทที่มีต่อพลังและความเร็ว โดยการวัดความสามารถในการกระโดดแนวดิ่งและการวิ่งเร็ว 30 เมตร จากการฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกด้วยน้ำหนักในท่าสควอท โดยทำการฝึก 8 สัปดาห์ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ฝึกเด็พธ์จั๊ม
กลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยน้ำหนักในท่าสควอท
กลุ่มที่ 3 ฝึกเด็พธ์จั๊มแล้วตามด้วยท่าสควอท
กลุ่มที่ 4 กลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยพบว่า การฝึกพลัยโอเมตริกแล้วตามด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักท่าสควอทมีผลต่อการพัฒนาการกระโดดและการวิ่งเร็ว 30 เมตร การฝึกพลัยโอเมตริกอย่างเดียวช่วยพัฒนาการกระโดดแต่ไม่พัฒนาการวิ่งเร็ว ดังนั้นการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักท่าสควอทจะช่วยพัฒนาการกระโดดและการวิ่งเร็ว 30 เมตรได้

ดุคและคณะ (Duke et al., 1992) ได้ทำการศึกษาพลัยโอเมตริกโดยการพัฒนาความสามารถทางการกีฬาในด้านการกระโดดในแนวดิ่ง กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 10 คน ทดสอบความสามารถในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง แบ่งนักกีฬาออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับพลัยโอเมตริก ทำการฝึก 3 สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 2 ที่ฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับพลัยโอเมตริก สามารถพัฒนาความสามารถในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งได้ดีกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลอเบอร์ (Luaber, 1993) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการเลือกวิธีการฝึกพลัยโอเมตริกในการวัดความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักควบคู่กับการฝึกด้วยพลัยโอเมตริก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงของมหาวิทยาลัยมิชิแกน จำนวน 39 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับการฝึกด้วยพลัยโอเมตริก กลุ่มที่ 3 ฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว กลุ่มที่ 4 ฝึกพลัยโอเมตริกอย่างเดียว จากนั้นทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า การกระโดดในแนวดิ่งของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มที่ 2 จะมีผลดีที่สุด และยังพบอีกว่าในแต่ละกลุ่มจะมีความสามารถในการกระโดดมากกว่าก่อนการทดลอง จึงสรุปได้ว่าโปรแกรมฝึกพลัยโอเมตริกสามารถที่จะนำไปใช้วัดความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อได้

เบเกอร์และคณะ (Baker et al., 2001) ได้ศึกษาความหนักที่ได้ค่าพลังสูงสุด (power output) ระหว่างแบกน้ำหนักกระโดดในนักกีฬารักบี้ โดยในการทดลองนี้ใช้กับนักรักบี้ที่มีประสบการณ์ในการฝึกความแข็งแรงมาก่อน ค่าพลังสูงสุด (Pmax) ระหว่างบาร์เบลของการแบกน้ำหนักกระโดด (barbell jump squats) ใช้น้ำหนักต้าน 40, 60, 80 และ 100 กิโลกรัม ผลการวิจัยพบว่า น้ำหนักที่ทำให้ได้ค่าพลังสูงสุดคือ 85-95 กิโลกรัม คิดเป็น 55-59% ของ 1 RM แต่อย่างไรก็ตาม ความหนักในช่วง 47-63% ของ 1 RM ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน

สโตนและคณะ (Stone et al., 2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของพลัง (Power) และ ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum Strength) ระหว่างการกระโดดถ่วงน้ำหนักแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Weight Jump) และการกระโดดถ่วงน้ำหนักแบบอยู่กับที่ (Static Weight Jump) โดยมีจุดประสงค์เพื่อหาค่า 1 RM ของพลังท่าสควอท ระหว่างท่าเคาน์เตอร์มูฟเมนท์ (countermovement) และท่าแบกน้ำหนักกระโดดถ่วงน้ำหนัก กระโดดโดยความหนักตั้ง 10-100% ของ 1 RM ผลการทดลองพบว่า ระหว่าง 1 RM สควอท ของทั้ง 2 ท่า มีค่าพลังสูงที่สุดคือความหนัก 10% ของ 1 RM และจะได้พลังลดลงเมื่อเพิ่มความหนักมากขึ้น

ดี วอสและคณะ (De Vos et al., 2005) ได้ศึกษาเรื่องความหนักที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ ขณะทำการฝึกแรงต้านแบบแรงระเบิดในผู้สูงอายุ โดยใช้ความหนักในการฝึกแรงต้านแบบแรงระเบิดในกลุ่มที่ 1 คือ 20% ของ 1 RM กลุ่มที่ 2 คือ 50% ของ 1 RM กลุ่มที่ 3 คือ 80% ของ 1 RM และมีกลุ่มควบคุมจำนวน 1 กลุ่ม โดยใช้เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic resistance machines) ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ 1 คือ 14 ± 6% กลุ่มที่ 2 คือ 15 ± 9% และกลุ่มที่ 3 คือ 14 ± 8% เมื่อนำมาเทียบกับกลุ่มควบคุม 3 ± 6% ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรง (Strength) เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ 1 คือ 13 ± 7% กลุ่มที่ 2 คือ 16 ± 7% กลุ่มที่ 3 คือ 20 ± 7% เมื่อเทียบกับกลุ่ม ควบคุม 4 ± 4% และค่าเฉลี่ยของ ความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ 1 คือ 82 ± 57% กลุ่มที่ 2 คือ 103 ± 75% กลุ่มที่ 3 คือ 185 ± 126% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม 28 ± 29% สรุปผลจากการทดลองพบว่าค่าพลังสูงสุดมีการพัฒนาที่ใกล้เคียงกันทั้งการใช้โหลดที่ เบา ปานกลางและหนัก ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันของความหนักที่ใช้ในการฝึกความแข็งแรง ความทนทาน ของกล้ามเนื้อการใช้โหลดที่มีความหนักมากในการฝึกแรงต้านแบบแรงระเบิดทำให้เกิดการพัฒนาที่มากให้กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อ และความทนทานของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ

โทมัส และคณะ (Thomas et al., 2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดขณะแบกน้ำหนักกระโดด ให้นักกีฬาทำการทดสอบพลัง ที่ความหนัก 30 ,40, 50, 60 และ 70 % ของ 1 RM ในท่าสควอทจั๊ม, ท่านอนดัน, และท่าแฮงพูล โดยใช้เครื่องสมิท (Smith machine) ในการทดสอบจะมีความแตกต่างระหว่างเพศ ซึ่งพลังสูงสุดในท่าสควอทจั๊มนักกีฬาหญิงใช้ความหนักที่ 30-40 % ของ 1 RM และนักกีฬาชายใช้ความหนักที่ 30-50% ของ 1 RM และให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการกระโดดด้วยความเร็วสูงสุด พบว่านักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในขณะที่แบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 30% ของ 1 RM

โฟรส และคณะ (Frost et al., 2008) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบผลของคิเนเมติค คิเนติค และการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างแรงต้านด้วยแรงดันอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนัก ทำการทดสอบ 3 อย่าง คือ น้ำหนัก (Free weight) บาลิสติค (Ballistic) และแรงดันอากาศ (Pneumatic) ทดสอบที่ความหนัก 15, 30, 45, 60, 75 และ 90% ของ 1 RM ทั้งหมด 6 เซต เซตละ 4 ครั้ง ในท่าเบนช์เพรส (Bench press) ผลที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเร็วและความเร็วสูงสุดของแรงต้านด้วยแรงดันอากาศสูงกว่าในการเคลื่อนไหวของน้ำหนัก (Free weight) และบาลิสติค (Ballistic) แรงที่สูงสุดของน้ำหนัก (Free weight) และ บาลิสติค (Ballistic) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแรงดันอากาศ (Pneumatic) ผลของพลังเฉลี่ยของบาลิสติค (Ballistic) สูงกว่าน้ำหนัก (Free weight) และแรงดันอากาศ (Pneumatic) ที่ความหนัก 15 และ 30% ของ 1 RM แต่อย่างไรก็ตามที่ความหนักระหว่าง 60-90% ของ 1 RM พลังสูงสุดอยู่ที่แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ (Pneumatic) กล่าวคือ การใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศมีผลต่อการใช้ความหนักที่มาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แมคไบรด์และคณะ (Mcbride et al., 2011) ได้ศึกษาผลของความหนักในตัวแปรของพลังสูงสุด (Peak Power) ของ บาร์เบลล์ (Bar), ร่างกาย (Body) และ บาร์เบลรวมกับร่างกาย system (Bar + Body) ระหว่างท่าเพาเวอร์คลีน (Power cleans), สควอท (Squats) และแบกน้ำหนักกระโดด (Jump Squats) โดย เพาเวอร์คลีน 1 RM = 97.1 ± 6.36 กิโลกรัม สควอท 1 RM = 138.3 ± 20.9 กิโลกรัม โดยใช้ความหนัก 30-90% 1 RM สำหรับ Power cleans และความหนัก 0-90% 1 RM สำหรับ สควอท และแบกน้ำหนักกระโดด ผลการทดลองพบว่า ค่าพลังสูงสุด ของ บาร์เบลล์, ร่างกาย และ บาร์เบลรวมกับร่างกาย นั้นได้ผลที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากความหนักและรูปแบบการเคลื่อนไหวในการฝึก โดยได้ค่าพลังสูงสุดของบาร์เบลที่ความหนัก 80% ของ 1 RM ค่าพลังสูงสุดของร่างกายที่ความหนัก 0% ของ 1 RM และค่าพลังสูงสุดของบาร์เบลรวมกับร่างกายที่ความหนัก 0% ของ 1 RM

ฮิว และคณะ (Huw et al., 2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับน้ำหนักที่เหมาะสมในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของนักรักบี้อาชีพ ให้นักรักบี้ฝึกในท่าบอลลิสติก เบนช์โทรว์ (ballistic bench throw) สำหรับร่างกายส่วนบนและร่างกายส่วนล่างใช้ท่าสควอทจั๊ม โดยใช้ความหนัก 0, 20, 30, 40, 50 และ 60 % ของ 1 RM พบว่าการแสดงออกของพลังกล้ามเนื้อขาสูงสุดนั้นจะต้องคำนึงถึงตัวแปร 2 ด้าน คือ แรง (Force) และความเร็วในการเคลื่อนไหว (Velocity) เมื่อเพิ่มน้ำหนักจากภายนอกมากจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหว เป็นสาเหตุทำให้พลังกล้ามเนื้อสูงสุดมีค่าน้อย ดังนั้น น้ำหนักจากภายนอกในท่าสควอทจั๊ม ที่ระดับความหนัก 20% ของ 1 RM ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาสูงกว่าที่ระดับความหนัก 30, 40, 50 และ 60% ของ 1 RM

เทอเนอร์และคณะ (Turner et al., 2012) ได้ทำการศึกษาและทดลองโดยหาค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุด และความเร็วสูงสุดในท่าสควอทจั๊มของนักกีฬารักบี้มืออาชีพ ทำการกระโดดสควอทที่ความหนัก 20-100% ของความหนักสูงสุดในการกระโดดหนึ่งครั้งมีนัยสำคัญอย่างมากต่อค่าพลังสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลอยู่ที่ 20% ในการกระโดดหนึ่งครั้ง ถึงแม้ว่าค่าพลังสูงสุดจะได้ดีกว่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบลที่ 30% แรงกระทบพื้นในแนวตั้งสูงสุดมีนัยสำคัญในการทดลองที่สุด แต่ไม่มีนัยสำคัญระหว่างความหนักที่ 20-60% ในการฝึกนักกีฬารักบี้มืออาชีพ ความหนักที่เหมาะสมสำหรับการกระโดดสควอทอยู่ที่ 20% ต่อหนึ่งครั้ง ซึ่งค่าพลังสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจะลดลง แรงกระทบพื้นในแนวตั้งจะเพิ่มขึ้นตามความหนักที่เพิ่มขึ้น

เพลโทเนนและคณะ (Peltonen et al., 2013) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของระบบกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อการฝึกโดยใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกโดยใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ โดยดูจากการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary contraction) จากเครื่องวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (EMG) ผลปรากฏว่า มีการลดลงของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อในการทดสอบแบบไฮเปอร์ทรอฟิก (Hypertrophic) และแบบความแข็งแรงสูงสุด น้อยกว่าการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 8 เปอร์เซ็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการทดลองว่า การฝึกด้วยแรงดันอากาศจะช่วยลดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ แรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นในขณะที่เปรียบเทียบกับการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักที่จะลดแรงอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว และความเร็วกับพลังงานของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นในการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศในขณะที่ใช้ความหนักไม่มาก

เดวิดและคณะ (David et al., 2015) ได้ศึกษาและทดลองการเปลี่ยนแปลงในความแข็งแรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และพลังสูงสุด หลัง 8 สัปดาห์ของการฝึกนิวเมติก หรือการฝึกด้วยแรงต้านด้วย

น้ำหนัก เนื่องจากแรงต้านจากน้ำหนักและนิวเมติกถูกกำหนดโดยเงื่อนไขต่างกัน การฝึกฝนทั้งสองแบบอาจส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงโดยเฉพาะบุคคล ความเร็ว และการปรับเปลี่ยนพลัง โดยทำท่าเบนช์เพลสด้วยน้ำหนักสูงสุดในการฝึกนิวเมติก หรือการฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนัก ได้มีการทำซ้ำ 4 ครั้งในน้ำหนัก 15, 30, 45, 60, 75 และ 90% ของ 1 RM ผลการทดลองพบว่า ผู้เข้าร่วมการทดลองแบบไม่มีน้ำหนักมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญในการฝึกนิวเมติก หรือการฝึกไร้แรงต้านด้วยน้ำหนัก ที่แรงสูงสุด 9.8% ความเร็ว 11.6% และพลัง 22.5% ส่วนผู้เข้าร่วมการทดลองแบบนิวเมติกมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญในการฝึกนิวเมติก หรือการฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนัก ที่แรงสูงสุด 8.4% ความเร็ว 13.6% และพลัง 33.4% ทั้งสองวิธีพัฒนาความเร็วการยกบาร์เบลที่น้ำหนัก 15 และ 30% อย่างไรก็ตามเพียงการฝึกนิวเมติกแบบเดี่ยวชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาพลังและแรงสูงสุดเหมือนกันในทุกค่าน้ำหนัก การฝึกนิวเมติกอาจให้ประโยชน์ถ้าพยายามฝึกพลังที่ใช้น้ำหนักน้อย มากกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก ซึ่งการฝึกแบบใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการฝึกแบบผสมผสานกับนักกีฬาหรือนักกรีฑาที่มีความต้องการที่หลากหลาย

**สรุปงานวิจัยที่ได้ค้นคว้ามา**

1. การฝึกพลัยโอเมตริก

- ทำให้มีความสามารถในการยืนกระโดดแนวดิ่ง การวิ่งกระโดด และความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น
- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและพลังกล้ามเนื้อขาสูงขึ้น
- การฝึกแบบพลัยโอเมตริกจะสามารถพัฒนาความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไวได้เป็นอย่างดี

2. การฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก

- มีผลต่อการพัฒนาความเร็ว ดีกว่าการฝึกความเร็วเพียงอย่างเดียว
- การฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มมากขึ้น
- สามารถพัฒนาการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งได้เป็นอย่างดี
- สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น
- เป็นการฝึกที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น

ความหนักที่เหมาะสมในการฝึกสควอทจั๊มด้วยน้ำหนัก

- การใช้น้ำหนักที่น้อยมีความเหมาะสมในฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อและความเร็ว ส่วนความหนักที่มากมีความเหมาะสมในการฝึกเพื่อพัฒนาแรงกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ความเร็วกับพลังของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นในการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศในขณะที่ใช้ความหนักไม่มาก

- ความหนักที่ 20% ของ 1 RM มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุดได้เป็นอย่างดี

- ความหนักที่ 20% ของ 1 RM เป็นน้ำหนักที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาพลังสูงสุด ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดขณะแบกน้ำหนักกระโดด ค่าของพลังสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจะมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก และค่าของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก

- ความเร็วกับพลังงานของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นในการฝึกแบบแรงต้านด้วยแรงดันอากาศในขณะที่ใช้ความหนักไม่มาก

3. การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ

- การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักจะออกแรงมากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหว ส่วนการฝึกแรงต้านแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะทำให้ออกแรงเพิ่มมากตลอดมุมการเคลื่อนไหว แต่การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากในช่วงแรกของการเคลื่อนไหวและออกแรงได้อย่างเต็มที่ตลอดช่วงการฝึก

- อัตราส่วนที่ใช้การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักที่มากกว่าแรงต้านด้วยแรงดันอากาศจะช่วยเพิ่มพลังสูงสุด และแรงสูงสุด ได้มากกว่า และส่งผลต่อการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อได้ดีกว่า

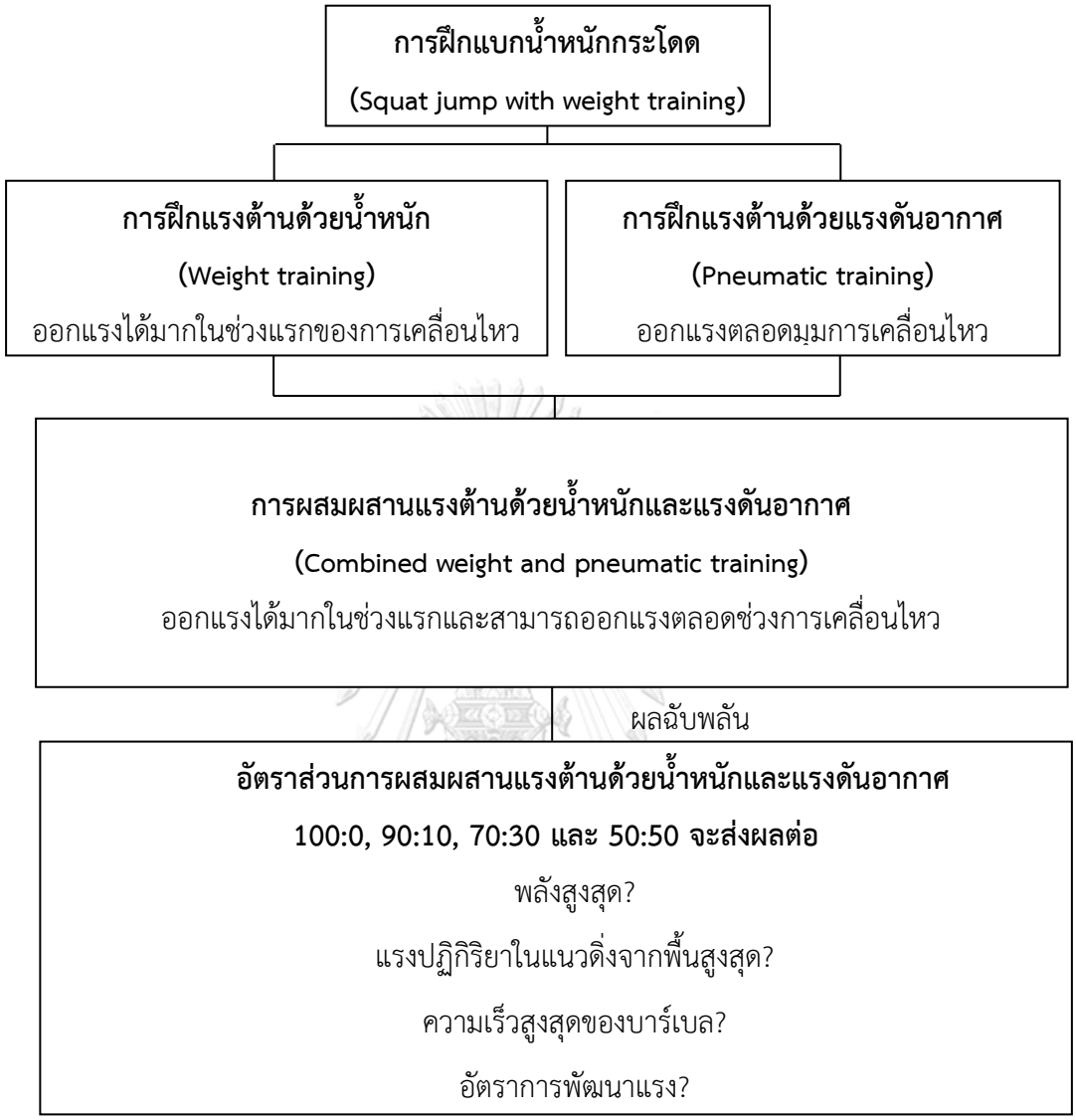
- การใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศทำให้เกิดความเร่งได้มากกว่าการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักในการยกที่ใช้น้ำหนักเท่ากัน เนื่องจากแรงต้านด้วยแรงดันอากาศมีมวลที่น้อยกว่า ทำให้เกิดความเร่งในการยกที่มากกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- สามารถเพิ่มพลังอดทน ความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไวได้มากขึ้น

- การฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักผสมผสานกับการฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศนี้ ช่วยทำให้สามารถเพิ่มพลังอดทนได้ดีกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

**กรอบแนวคิดในการวิจัย**



# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

**วิธีการดำเนินการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองซึ่งเสนอขั้นตอนการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

**ประชากร**

นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัวและอาการบาดเจ็บ มีความแข็งแรงในการแบกน้ำหนักย่อตัวเข่าทำมุม 135 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

**กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ช่วงอายุ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงก่อนเข้าร่วมการวิจัยและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยต้องผ่านเกณฑ์คัดเข้าของกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างมีความแข็งแรงใกล้เคียงกัน จำนวน 12 คน จากการกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 อำนาจการทดสอบ (Power) 0.5 และขนาดของผลที่จะเกิดขึ้น (Effect size) .60 โคเฮน (Cohen, 1988) เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างจึงใช้กลุ่มตัวอย่างเพิ่ม 3 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 15 คน หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 ลำดับ ลำดับที่ 1-3 ลำดับละ 4 คน และลำดับที่ 4 จำนวน 3 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยแต่ละลำดับจะทำตามเงื่อนไข วิธีถ่วงดุลลำดับ (ภาคผนวก ง)

**เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง**

1. นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ไม่ป่วยเป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูงและ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรคหอบหืด ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย เช่น อาการบาดเจ็บหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้าและไม่เคยได้รับการผ่าตัดบริเวณหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ไม่เคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรงที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

2. ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ, โรคความดันโลหิต, หอบหืด และผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องกรอกข้อมูลในส่วนที่ 2 ในแบบสอบถามสุขภาพ (ภาคผนวก ค) และต้องผ่านแบบสอบถามสุขภาพทุกข้อถึงจะมีสิทธิ์เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ได้

3. มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

5. ขณะเข้าร่วมทำการวิจัย ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยอื่นในระยะเวลาเดียวกัน

**เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง**

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 3 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 3 สัปดาห์

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

**ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล (รูปที่ 8)**

1. ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาสร้างโปรแกรมการทดสอบ

2. นำโปรแกรมการทดสอบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊มเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเรียบร้อยของโปรแกรมการทดสอบ

3. นำเสนอโปรแกรมการทดสอบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊มให้ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขเพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ซึ่งค่าที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.8 (Cox and Vargas, 1996)

4. นำเสนอโปรแกรมการทดสอบการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊มเสนอเพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

5. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวัน เวลาในการเก็บข้อมูล ขออนุญาตใช้สถานที่และอุปกรณ์

6. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

7. ผู้วิจัยชี้แจงและทำหนังสืออธิบาย วัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่าง และผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย และกลุ่มตัวอย่างต้องผ่านแบบสอบถามสุขภาพทุกข้อ (ภาคผนวก ค)

8. จัดเตรียมสถานที่ในการฝึกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ และใบบันทึกผล (ภาคผนวก ข) เพื่อนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

9. ทำการวัดก่อนการทดลอง โดยวัดและเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น อายุ น้ำหนัก ด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (Body composition analyzer) (ภาคผนวก ก) และทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดในท่าควอเตอร์สควอทเพื่อหากลุ่มตัวอย่างในการวิจัย (ภาคผนวก จ) เมื่อผ่านเกณฑ์คัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง จะมีการชี้แจงขั้นตอนทดสอบอย่างละเอียดกับกลุ่มตัวอย่าง

10. ทำการทดสอบหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (1 RM Test) ด้วยเครื่องไกเซอร์ รุ่น A 400 (Keiser power rack equipment) กับแผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ด้วยการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 50:50 โดยใช้ท่าควอเตอร์สควอทในการทดสอบ และผู้วิจัยชี้แจงแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยควรงดการออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมงก่อนวันที่จะมาทำการทดสอบ รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง ให้นอนหลับให้เต็มที่ก่อนที่จะมีการทดสอบทุกครั้ง และในการทดสอบแต่ละครั้งจะมีการบอกให้ออกแรงกระโดดให้แรงและเร็วที่สุดทุกครั้ง

11. ออกแบบการทดลองแบบวิธีการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing design) โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 ลำดับ ลำดับที่ 1-3 ลำดับละ 4 คน และลำดับที่ 4 จำนวน 3 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยแต่ละลำดับจะทำตามเงื่อนไขวิธีถ่วงดุลลำดับ จะต้องทำการทดสอบท่าสควอทจั๊ม (Squat Jump) ด้วยเครื่องทดสอบแรงดันอากาศ (Keiser power rack) กับบาร์เบล (Olympic Barbell) และแผ่นเพิ่มน้ำหนัก บนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) โดยการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศทั้ง 4 เงื่อนไข ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 วัน โดยเปลี่ยนเงื่อนไขของแต่ละกลุ่มสลับกัน

ทุกครั้งของการทดสอบ โดยทำท่าสควอทจั๊ม 1 ครั้ง 3 เซ็ต แต่ละเซ็ตพัก 2 นาที ด้วยความพยายามสูงสุด ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบได้แก่

เงื่อนไขที่ 1 ความหนักที่ 20% 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 100%)

เงื่อนไขที่ 2 ความหนักที่ 20% 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 90% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 10%)

เงื่อนไขที่ 3 ความหนักที่ 20% 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 70% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 30%)

เงื่อนไขที่ 4 ความหนักที่ 20% 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 50% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 50%)

12. ก่อนผู้วิจัยจะเข้าสู่กระบวนการทดสอบนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบอุปกรณ์ก่อนการทดสอบจริง

12.1 ก่อนการทดสอบทุกครั้งผู้วิจัยจะทำการสอบเทียบ (Calibration) แผ่นตรวจรับแรงกระแทกและตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง ของการทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (Ballistic Measurement System)
(ภาคผนวก ช)

12.2 ทำการทดสอบตัวแปรดังต่อไปนี้ ด้วยเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (Ballistic Measurement System) พร้อมทั้งแสดงบันทึกผลการทดสอบ (ภาคผนวก ข)

12.3 ค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ทำการทดสอบโดยให้กระโดด 1 ครั้ง ด้วยความพยายามสูงสุด จำนวน 3 เซต แต่ละเซ็ตพัก 2 นาที (ภาคผนวก ช) และเลือกครั้งที่ได้ค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงสูงสุดมาเป็นข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ทำการทดสอบโดยผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไข โดยที่นำแท่นวัดแรงรุ่น 400S (400 Series force plate) มาวางไว้บนฐานของเครื่อง Keiser รุ่น A400 (Keiser power rack equipment) เพื่อที่จะบันทึกข้อมูลขณะทำการทดสอบ

14. นำผลการทดสอบที่ได้คือ พลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิต

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่

1. เครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (Ballistic Measurement System) ประกอบไปด้วย

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

1.2 เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Keiser power rack equipment) ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.3 แผ่นตรวจรับแรงกระแทกForce plateรุ่น 400S (400series performance force plate) ขนาด 795 mm x 795 mm x 60 mm ของบริษัท Fitness Technology ผลิตที่เมือง Adelaide ประเทศออสเตรเลียบันทึกในงานวิจัยครั้งนี้ที่ความถี่ 200 Hz

2. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ คาสิโอ (Casio) รุ่น เฮช เอส-70 ดับเบิลยู (HS-70 W)

3. บาร์เบลแบบตรง (Olympic barbell)

4. แผ่นเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศอเมริกา

5. เครื่องวัดวิเคราะห์องค์ประกอบร่างกาย (Body composition analysis) รุ่น ioi 353 ของบริษัท Jawon Medical ผลิตที่เมือง Kyungsan-city ประเทศเกาหลี

6. กล้องถ่ายรูปและบันทึกวีดีโอ ยี่ห้อ นิคอน (Nicon) d 5500 ความละเอียด 24.2 MP DX Format CMOS sensor ความละเอียดภาพ 6000x4000

7. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว สกิลสเป็กเตอร์ (Skill Spector) เป็นโปรแกรมที่ใช้สังเกตเส้นทางการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือข้อต่อของร่างกาย การวัดเวลา การวัดระยะทาง และการวัดความเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

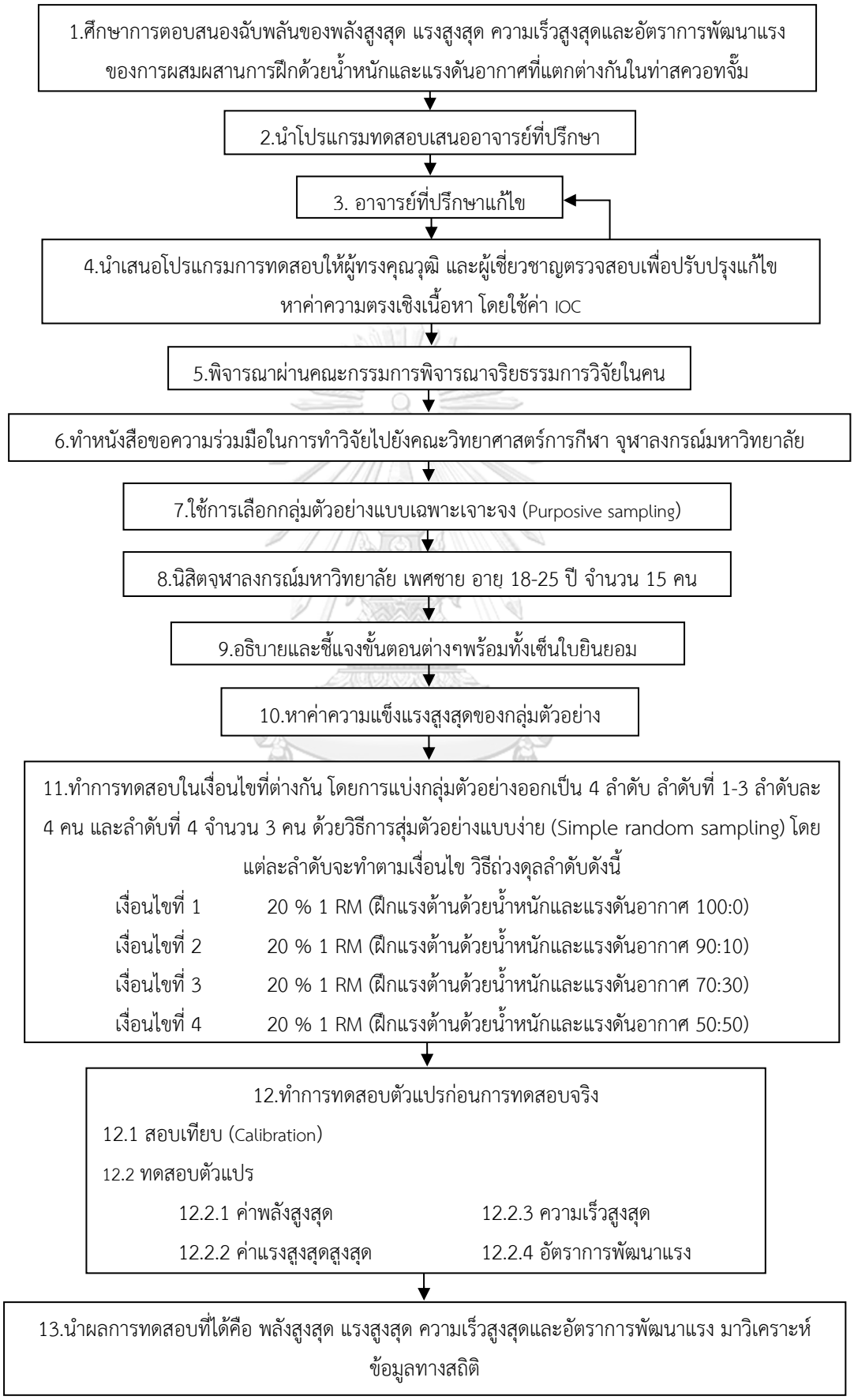
1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3. วิเคราะห์ผลของการทดสอบทุกรายระหว่างกลุ่ม โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**รูปที่ 8** แผนภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล



# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตรา การพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม โดยใช้อัตราส่วนของแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัว

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม โดยใช้อัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 เมื่อพบความความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงการตอบสนองฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม โดยใช้อัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 1** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัว

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลอง

| | กลุ่มทดลอง (N=15) |
|---|---|
| | ($\bar{X}$±SD) |
| อายุ (ปี) | 21.66 ± 2.02 |
| น้ำหนัก (กิโลกรัม) | 76.06 ± 10.36 |
| ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (เท่าต่อน้ำหนักตัว) | 2.20 ± 0.30 |

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยอายุของกลุ่มทดลองเท่ากับ 21.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเท่ากับ 2.02 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 76.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเท่ากับ 10.36 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 2.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 2** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักกับแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 เมื่อเกิดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของ Bonferroni

**ตารางที่ 5** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) พลังสูงสุด ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

| ตัวแปรตาม | อัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ | | | | f | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 $\bar{X}$ ± S.D. | 90:10 $\bar{X}$ ±S.D. | 70:30 $\bar{X}$ ± S.D. | 50:50 $\bar{X}$ ± S.D. | | |
| พลังสูงสุด (วัตต์) | 3481.27±925.73 | 3342.61±847.64 | 3103.07±707.70 | 3198.08±946.52 | .546 | .653 |

p>.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า พลังสูงสุด ของอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:10 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตารางที่ 6** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) แรงสูงสุด ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

| ตัวแปรตาม | อัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ | | | | f | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 $\bar{X}$ ± S.D. | 90:10 $\bar{X}$ ±S.D. | 70:30 $\bar{X}$ ± S.D. | 50:50 $\bar{X}$ ± S.D. | | |
| แรงสูงสุด (นิวตัน) | 2043.59±491.18 | 1919.83±315.07 | 1918.39±302.73 | 1872.68±353.47 | .576 | .633 |

p>.05

จากตารางที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า แรงสูงสุด ของอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:10 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 7** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ความเร็วสูงสุด ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

| ตัวแปรตาม | อัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ | | | | f | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 $\bar{X}$ ± S.D. | 90:10 $\bar{X}$ ±S.D. | 70:30 $\bar{X}$ ± S.D. | 50:50 $\bar{X}$ ± S.D. | | |
| ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที) | 2.65±0.42 | 2.63±0.25 | 2.55±0.27 | 3.10±0.34 | 8.46 | 0.00* |

*p<.05

จากตารางที่ 7 ผลการวิจัยพบว่า การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่า การผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10 และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของ Bonferroni ปรากฏผลดังตารางที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 8** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเร็วสูงสุดเป็นรายคู่ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในขณะทดสอบด้วยท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 RM

| อัตราส่วนของน้ำหนัก | เมตรต่อวินาที $\bar{X}$ | 100:0<br>2.65 | 90:10<br>2.63 | 70:30<br>2.55 | 50:50<br>3.10 |
|---|---|---|---|---|---|
| 100:0 | 2.65 | - | 0.02 | 0.10 | -0.45* |
| 90:10 | 2.63 | | - | 0.08 | -0.47* |
| 70:30 | 2.55 | | | - | -0.55* |
| 50:50 | 3.10 | | | | - |

*p<.05

จากตารางที่ 8 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่ารูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนรูปแบบแรงต้านที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 9** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) อัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

| ตัวแปรตาม | อัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ | | | | f | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 $\bar{X}$ ± S.D. | 90:10 $\bar{X}$ ±S.D. | 70:30 $\bar{X}$ ± S.D. | 50:50 $\bar{X}$ ± S.D. | | |
| อัตราการพัฒนาแรง (นิวตัน/มิลลิวินาที) | 4022.00±1329.93 | 4445.20±1603.75 | 4659.46±928.68 | 5105.26±872.53 | 2.04 | .118 |

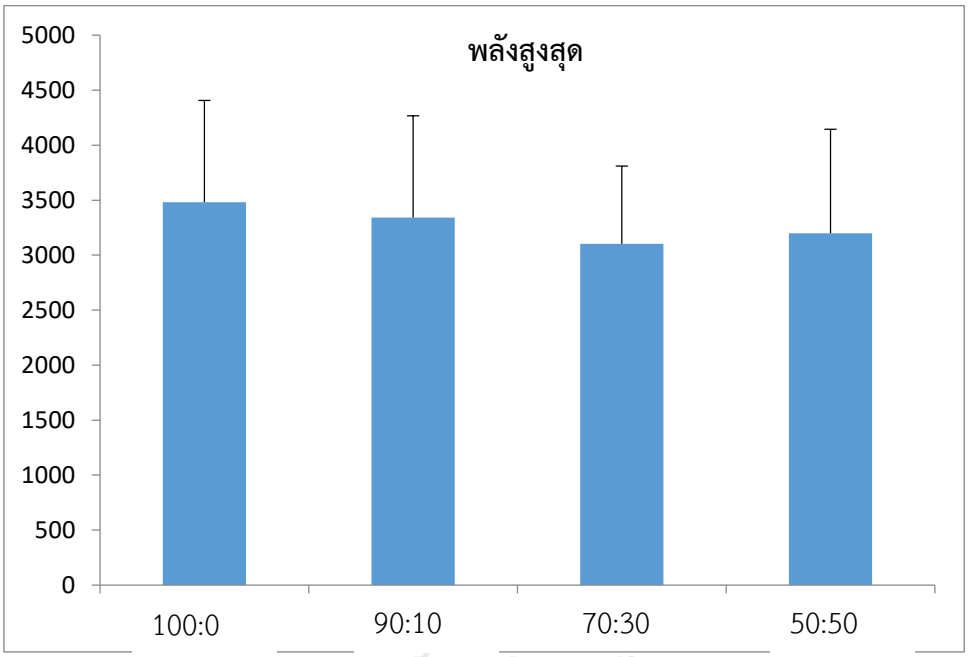
p>.05

จากตารางที่ 9 ผลการวิจัยพบว่า อัตราการพัฒนาแรง ของอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:10 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตอนที่ 3** แผนภูมิพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีสัดส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

**แผนภูมิที่ 1** แสดงพลังสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

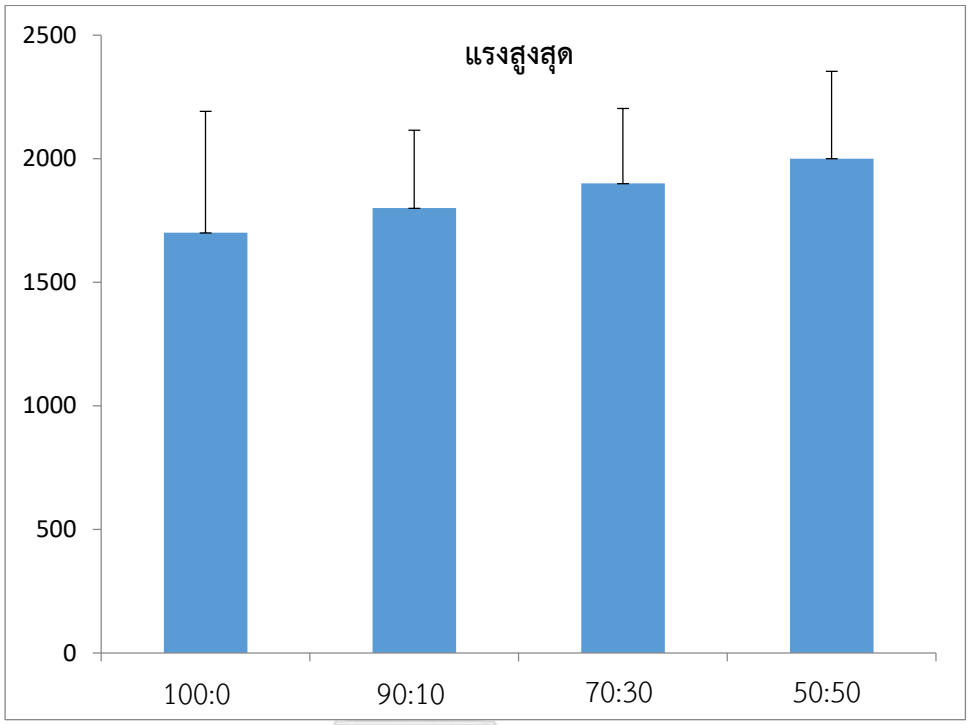



p>.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากแผนภูมิที่ 1 แสดงให้เห็น พลังสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 2** แสดงแรงสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50

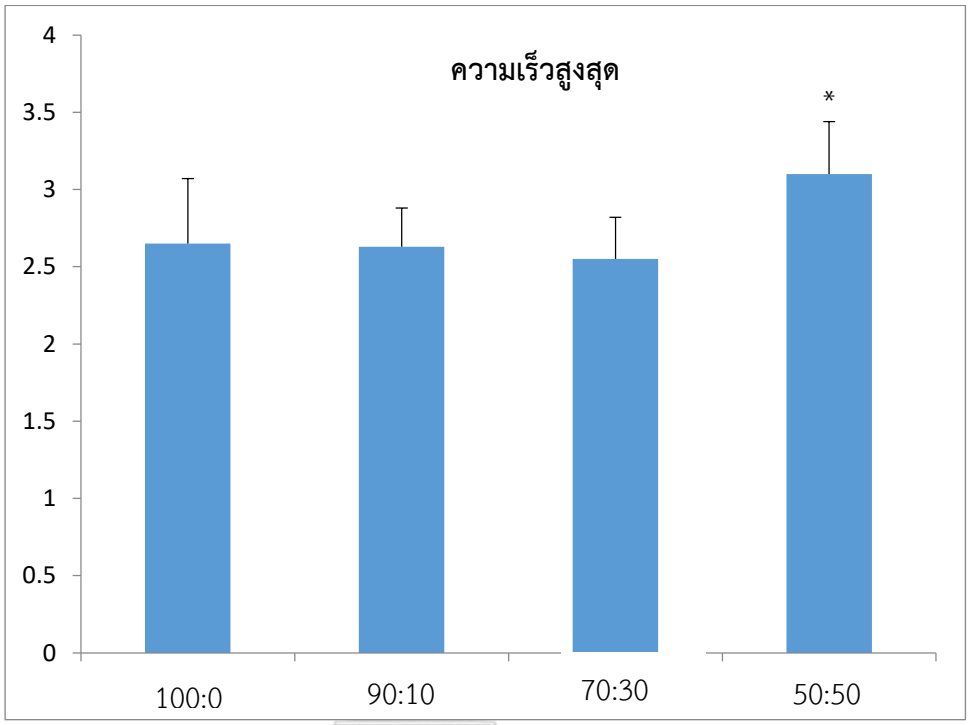



p>.05

จากแผนภูมิที่ 2 แสดงให้เห็น แรงสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**แผนภูมิที่ 3** แสดงความเร็วสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50



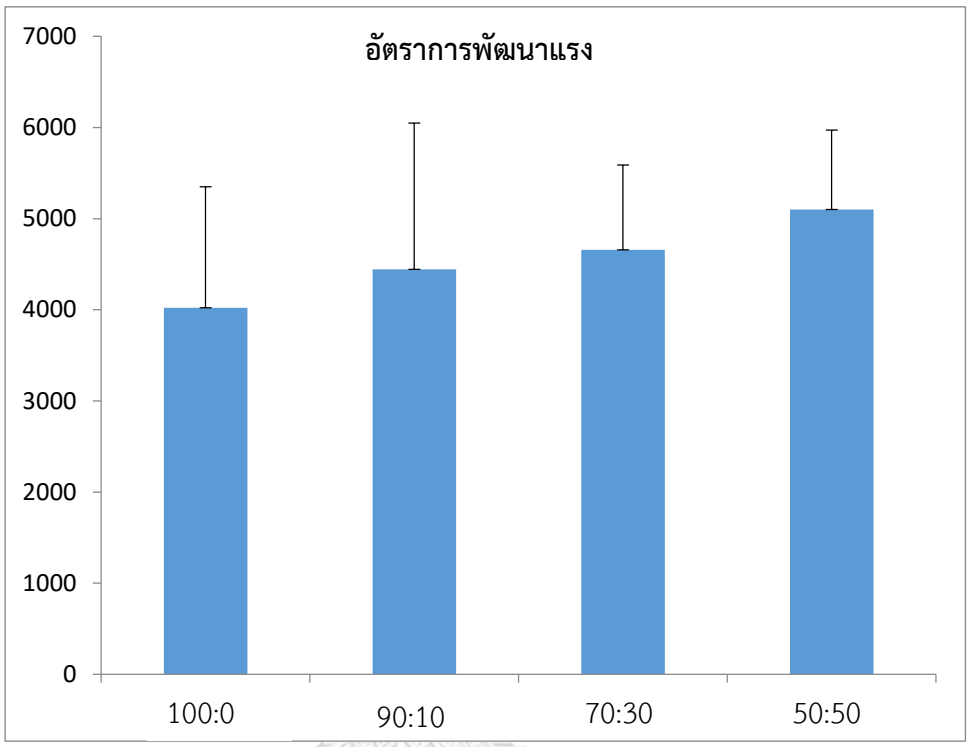

*p<.05

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

จากแผนภูมิที่ 3 แสดงให้เห็น ความเร็วสูงสุดของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่าอัตราส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10 และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**แผนภูมิที่ 4** แสดงอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50




p>.05

จากแผนภูมิที่ 4 แสดงให้เห็น อัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนน้ำหนักในการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม ที่มีอัตราส่วนแรงต้านของน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 เพื่อที่จะทำให้เกิดพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง โดยมีกลุ่มทดลองเป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุตั้งแต่ 18-25 ปี ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า และจะต้องผ่านแบบสอบถามสุขภาพทุกข้อ จำนวน 15 คน นอกจากนี้กลุ่มทดลองต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานโดยการแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว หลังจากนั้นทำการหาค่า 1 RM ด้วยการทำควอเตอร์สควอทโดยใช้แรงต้านจากน้ำหนัก 50% ผสมผสานกับแรงดันอากาศอีก 50% แล้วนำ 20% ของ 1 RM มาใช้ในการทดสอบด้วยการสควอทจั๊ม 1 ครั้ง 3 เซ็ต พักเซ็ตละ 2 นาที โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มด้วยวิธีถ่วงดุลลำดับ แล้วนำข้อมูลที่มีค่าของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสดและอัตราการพัฒนาแรงที่ดีที่สุดเพียงข้อมูลเดียวของแต่ละอัตราส่วน มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

### ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าความเร็วสูงสุดในการทดสอบผลฉับพลันของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่าการผสมผสานของแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าพลังสูงสุด แรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ในการตอบสนองฉับพลันของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**อภิปรายผลการวิจัย**

จากสมมติฐานการวิจัยที่ว่า การทดสอบด้วยความหนัก 20 % ของ 1 RM โดยการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 จะส่งผลต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า พลังสูงสุด แรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 100:0, 90:10, 70:30 และ 50:50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ อาจมาจากความหนักที่ใช้ในการวิจัยที่เบา ซึ่งผู้วิจัยกำหนดความหนักที่ 20% ของ 1 RM เมื่อนำมาแบ่งเป็นอัตราส่วนที่ผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศเข้าด้วยกันจึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างในการทดลอง และรูปแบบผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับการฝึกพลังอดทนเนื่องจากให้ความหนักที่สม่ำเสมอตลอดช่วงการทำ (สุทธิกร อาภานุกูล, 2558) และต้องใช้จำนวนในการทำที่มากเพื่อให้เกิดความแตกต่าง แต่รูปแบบของการทดสอบเป็นการหาค่าพลังสูงสุด ทำการทดสอบการกระโดดด้วยความพยายามสูงสุดเพียง 1 ครั้ง จำนวน 3 เซต และเลือกครั้งที่ดีที่สุดในการทดสอบ อีกทั้งแรงสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงที่ได้จากการทดสอบก็ไม่แตกต่างกันในทุกรูปแบบ จึงอาจส่งผลทำให้พลังสูงสุดไม่แตกต่างกัน ส่วนความเร็วสูงสุดนั้น อัตราส่วนการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 มีความเร็วสูงสุดมากกว่าอัตราส่วนของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0, 90:10 และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นเพราะการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50 เป็นอัตราส่วนที่มีแรงต้านที่เกิดจากมวลของน้ำหนักน้อยกว่า และอัตราส่วนแรงต้านที่เกิดจากมวลของแรงดันอากาศมากกว่ารูปแบบอื่น จึงส่งผลทำให้มีความเร็วสูงสุดมากกว่าการการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศรูปแบบอื่น เพราะเมื่อน้ำหนักที่เกิดจากแรงต้านด้วยน้ำหนักลดลง แรงต้านจากการกระโดดก็จะน้อยลงไปด้วย อีกทั้งแรงต้านที่เกิดจากแรงดันอากาศที่มีมากในสัดส่วนนี้ ซึ่งแรงต้านจากแรงดันอากาศนั้นมีมวลน้อย ทำให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยสามารถสร้างความเร่งได้ดีในการกระโดด เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศรูปแบบอื่น จึงส่งผลต่อความเร็วที่มากกว่าในการกระโดด สอดคล้องกับ เดวิดและคณะ (David et al., 2010) ที่กล่าวว่า การใช้แรงดันอากาศเป็นแรงต้าน ซึ่งแรงต้านของแรงดันอากาศนั้นทำให้มวลของวัตถุแทบเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์แบบฟรีเวทโดยการออกแรงที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เท่ากัน สอดคล้องกับกฤตมุข หล่าบรรเทา (2554) ที่กล่าวว่า การใช้แรงต้านด้วยแรงดันอากาศทำให้เกิดความเร่งได้มากกว่าการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักในการยกที่ใช้น้ำหนักเท่ากัน เนื่องจากแรงต้านด้วยแรงดันอากาศมีมวลที่น้อยกว่า ทำให้เกิดความเร่งในการยกที่มากกว่า

**ข้อเสนอแนะจากการวิจัย**

การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในท่าสควอทจั๊ม เป็นวิธีการฝึกที่ควรนำไปใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ โดยใช้การผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 50:50 เพราะให้พลังสูงสุดไม่ต่างกับอัตราส่วนอื่น แต่สามารถให้ความเร็วในการฝึกได้มากกว่าอัตราส่วนอื่น

**ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรนำผลการวิจัยไปใช้ในงานวิจัยที่เป็นรูปแบบการฝึกนักกีฬาที่เกี่ยวข้องกับการกระโดด เช่น วอลเลย์บอล กรีฑาประเภทกระโดด เพื่อพัฒนาพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง
2. ควรมีการศึกษารูปแบบอัตราส่วนการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วนที่กำหนดความหนักมากกว่า 20 % ของ 1RM เพื่อดูผลของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รายการอ้างอิง**


Allerheiligen Bill. (1995). Plyometrics Program Design. *Strength & Conditioning Journal,* 17(4), 26-31.

Anshel M. (1990). *Sport psychology: From theory to practice. Scotsdale*: Gorsush Scarisbrik.

Baker D, Dance S, & Moore M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.

Bompa O. (1993). *The new wave in strength training*. Toronto Toronto Veritas Publishing.

Bompa O. (1999). *Periodization Training for Sports*. United States: Human Kinetics.

Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.

Connelly, D M, Rice, C L, Roos, M R, . . . A A. (1999). Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. *Journal of Applied Physiology*.

David M, Frost, John Cronin, Robert U, & Newton. (2010). A Biomechanical Evaluation of Resistance *Sports Med,* 40(4), 303-326.

David M, Frost, Stefanie Bronson, John B, Cronin, Robert U, & Newton. (2015). Changes in Maximal Strength, Velocity, and Power After 8 Weeks of Training With Pneumatic or Free Weight Resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 30(4), 934–944.

De Vos, N. J, Singh, N A, Ross, D A, . . . M A F. (2005). Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences,* 60(5), 638-647.

Donald A, & Chu. (1992). *Jumping into Plyometrics.* Retrieved 27/October/2017 https://www.amazon.com/Jumping-into-Plyometrics-nd-Donald/dp/ 0880118466



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Donald A, & Chu. (1996). *Explosive power & strength.* Retrieved 22/October/2017 https://www.amazon.com/Explosive-Power-Strength-Complex-Training/dp/0873226437

Duke, Scott, BenEliyahu, & David. (1992). Plyometrics: Optimizing athletic performance through the development of power as assessed by vertical leap ability: an observational study. *Sport und recherche im fokus das sportinformatlonsportal,* 6(1), 10-15.

Faulkner, J A, Claflin, D R, McCully, & K K. (1986). Power outputs of slow and fast skeletal muscles of mice. *Bioengineering Program and Department of Physiology, University of Michigan,* 68, 1282-1285.

Frederick Hatfield. (2001). *Fitness the Complete Guide*: International Sports Sciences Association.

Frost, D M, Cronin, J B, Newton, & R U. (2008). A comparison of the kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatic and weight resistance. *US National Library of Medicine National Institutes of Health,* 104(6), 937-956.

Hakkinen, K, Komi, & P V. (1985). Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg sxtensor muscle during concentric and varous stretch-shortening cycle exercises. *Scandinevian Journal of Sports Science.,* 7(2), 65-76.

Huber Jeff. (1987). Increasing a diver's vertical jump through plyometric training. *Strength & Conditioning Journal,* 9(1), 34-36.

Huw R Bevan, Pual J Bunce, Nick J Owen, Mark A Bennett, & Christian J Cook. (2011). Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(1), 43-47.

John Bloomfield, Timothy R, Ackland, Bruce C, & Elliott. (1994). *Applied anatomy and biomechanics in sport*.

Keitaro Kubo, Masanori Morimoto, Teruaki Komuro, Hideaki Yata, Naoya Tsunoda, Hiroaki Kanehisa, & Tetsuo Fukunaga. (2007). Effects of Plyometric and Weight Training on Muscle-Tendon Complex and Jump Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 39(10), 1801-1810.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Kent, M. (1994). The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine. *Oxford University*, 624.

Lawton T W, Cronin J B, & Lindsell R P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 20(1), 172-176.

Luaber, & C A. (1993). The effects of plyometric training on selected measures of leg strength and weight training and plyometric training. *Dissertation Abstracts Internation*.

McBride J M, Haines T L, & Kirby TJ. (2011). Effect of loading on peak power of the bar, body, and system during power cleans, squats, and jump squats. *Journal of Sports Sciences,* 29(11), 1215-1221.

Newton, R.U, kraemer, & W J. (1994). Developing explosive muscular power. Implications for a mixed methods training strategy. *National Strength and Conditioning Association Journal.,* 16(5), 20-31.

Owen Walke. (2016). *Rate of force development (RFD).* Retrieved 15/January/2018 https://www.scienceforsport.com/rate-of-force-development-rfd-2/

Patrick O' Shea. (2000). *Quantum Strength Fitness II (Gaining the Winning Edge).*

Peltonen H, Häkkinen K, & Avela J. (2013). Neuromuscular responses to different resistance loading protocols using pneumatic and weight stack devices. *J Electromyogr Kinesiol,* 23(1), 118-124.

Peter, J, L, Thompson M, & Sc. (1991). *Introduction to Coaching Theory*: International Amateur Athletic Federatio.

Rodano, Squadrone, & Mingrino. (1996). Gender differences in joint moment and power measurements during vertical jump exercises. *International Symposium on Biomechanics in Sport*, 308-310.

Rutherford O M, Greig C A, Sargeant A J, & Jones D A. (1986). Strength training and power output: transference effects in the human quadriceps muscle. *Journal of Sports Sciences,* 4(2), 101-107.

Schmidtbleicher D. (1988). *Muscle mechanics and neuromuscular control.* Retrieved 2/December/2017 https://www.iat.unileipzig.de/datenbanken/iks/bms/Record/4037014

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sharkey B, & Gaskill S. (2006). *Sport Physiology For Coaches*: Unite State Of America Human Kinetics.

Stone, M H, H S, O Bryant, L Mccoy, R Coglianese, . . . B Schilling. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J. Strength Conditioning Research,* 17(1), 140-147.

Stone, Michael Stone, Harold O Bryant, Lora Mccoy, Robery Coglianese, Mark Lehmkuhl, & Brian Schilling. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(1), 140-147.

Thomas G A, Kraemer W J, Spiering B A, Volek J S, Anderson J M, & Maresh C M. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. *Influence of Resistance and Gender,* 21(2), 336-342.

Thomas R Baechle, & Roger W Earle. (2000). *Essentials of Strength Training and Conditioning*: Human Kinetics.

Timothy R, Ackland, Bruce Elliott, & John Bloomfield. (2000). *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*.

Turner, Anthony P, Unholz, Cedric N, Potts, Neill, . . . Simon G S. (2012). Peak power, force, and velocity during jump squats in professional rugby players. *Strength Conditioning Research,* 26(6), 1594-1600.

Vladimir M, Zatsiorsky, William J, & Kraemer. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics.

Wilk K E, Voight M L, Keirns M A, Gambetta V, Andrews J R, & Dillman C J. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy,* 17(5), 225-239.

William, & D R. (1991). The effect of weight training on performance in selected motor activies for prepubescent males. *Journal of Applied Science Research*.

Willson, G J, Murphy, A J, Pryor, & J F. (1994). Musculo-tendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of Applied Physiology,* 76, 2714-2719.

Yessis, M, Hatfield, & F. (1986). *Plyometric Training, Achieving Explosive Power in Sports*. Canoga Park: Fitness Systems.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กฤตมุข หล่าบรรเทา. (2554). *การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิตติพงษ์ เพ็งศรี. (2549). *ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เกชา พูลสวัสดิ์. (2548). *ผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 14-16 ปี*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จตุพล กล้วยแดง. (2548). *ผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในการเลี้ยงลูกบาลเกตบอลของนิสิตชายระดับปริญญาบัณฑิต*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2545). *หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2544). *การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อน ที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์. (2536). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: ดวงกมลการพิมพ์.

ธนศักดิ์ แพทยานนท์. (2546). *ผลของการฝึกเสริมด้วยพลัยโอเมตริกต่อความสามารถในการกระโดดยิงประตูบาสเกตบอลของนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 4-6*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภัส สังข์ทอง. (2557). *ผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักที่ต่างที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนตร ทองธาระ. (2545). *ผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักฟุตบอล*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัฒฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธ์วดี อินทรมณี. (2557). *การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดกับการฝึกกระโดดด้วยยางยืดแบบลูกรอกที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในแนวดิ่งของนักวอลเล่ย์บอลเยาวชนหญิง*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศรุต ศรีแก้ว. (2557). *ผลของรูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่งไวในนักกีฬาฟุตบอล.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสต์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. (2536). *หลักกลศาสตร์พื้นฐานทางกีฬา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิกร อาภานุกูล. (2558). *การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพิตร สมาหิโต. (2541). *แบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย Kasetsart youth fitness test.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุชา หิรัญรัตน์. (2548). *ระบบนิวเมติกกับการควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

เอกลักษณ์ แสนสุข. (2550). *การเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จั๊ม และการฝึกสตวอทจั๊มด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก ก
# ตารางบันทึกผลแสดงข้อมูลทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางบันทึกผลแสดงข้อมูลทั่วไป**

| ลำดับที่ | รหัส | อายุ (ปี) | น้ำหนัก (กก.) | ความแข็งแรงสูงสุดต่อน้ำหนักตัว (เท่าต่อน้ำหนักตัว) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# ภาคผนวก ข
## ตารางบันทึกผลค่าพลังสูงสุด ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และอัตราการพัฒนาแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางบันทึกผลค่าพลังสูงสุด ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และอัตราการพัฒนาแรง**

รหัส.....

เงื่อนไขที่ 1 (100:0)

| Peak power | Peak force | Peak velocity | RFD |
|---|---|---|---|
| | | | |

เงื่อนไขที่ 2 (90:10)

| Peak power | Peak force | Peak velocity | RFD |
|---|---|---|---|
| | | | |

เงื่อนไขที่ 3 (70:30)

| Peak power | Peak force | Peak velocity | RFD |
|---|---|---|---|
| | | | |

เงื่อนไขที่ 4 (50:50)

| Peak power | Peak force | Peak velocity | RFD |
|---|---|---|---|
| | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางบันทึกผลค่าพลังสูงสุด ค่าแรงสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบล และอัตราการพัฒนาแรงของกลุ่มตัวอย่าง**

เงื่อนไขที่.....

| ลำดับที่ | รหัส | Peak power | Peak force | Peak velocity | RFD |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ค**

**แบบสอบถามสุขภาพ**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามสุขภาพ

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามต่อไปนี้จะเป็นความลับ และใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไป

รหัส.....

1. ปัจจุบันท่านมีการเข้าร่วมงานวิจัยอื่นอยู่หรือไม่

   ไม่มี ☐ มี ☐

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลสุขภาพ (มีผลต่อการเข้าร่วมงานวิจัย)

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

   ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....

2. ท่านป่วยเป็นโรค เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตและโรคหอบหืดหรือไม่ (ถ้าเป็นโปรดระบุ)

   ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....

3. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดบริเวณ หลังสะโพก เข่า ข้อเท้า หรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

   ไม่เคย ☐ เคย ☐ โปรดระบุ.....

4. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรงหรือไม่ (ถ้าเคยโปรดระบุ)

   ไม่เคย ☐ เคย ☐ โปรดระบุ.....

5. ท่านมีอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา หรือไม่ (ถ้ามีโปรดระบุ)

   ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....

สรุปผลแบบสอบถามสุขภาพ ☐ สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

ลงชื่อโครงการวิจัย 069.1/61

วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561

วันหมดอายุ 6 พ.ค. 2562

.....

(นางสาวจามจุรี ขวัญสง)

ผู้ดำเนินการสอบถาม

# ภาคผนวก ง
# วิธีถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**วิธีถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing)**

จับสลากแบ่งเป็น 4 ลำดับ ลำดับที่ 1-3 ลำดับละ 4 คน และลำดับที่ 4 จำนวน 3 คน โดยแบกน้ำหนักด้วยความหนักต่างกันทั้ง 4 เงื่อนไข ด้วยวิธีถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ดังตารางวิธีการแบ่งกลุ่มเก็บข้อมูลด้วยวิธีการถ่วงดุลลำดับ โดย

เงื่อนไขที่ 1 20 % 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 100:0)

เงื่อนไขที่ 2 20 % 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 90:10)

เงื่อนไขที่ 3 20 % 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 70:30)

เงื่อนไขที่ 4 20 % 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศ 50:50)

ตารางวิธีการแบ่งกลุ่มเก็บข้อมูลด้วยวิธีการถ่วงดุลลำดับ

| สัปดาห์ที่ | เงื่อนไขที่ 1 | เงื่อนไขที่ 2 | เงื่อนไขที่ 3 | เงื่อนไขที่ 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | ลำดับที่ 1 | ลำดับที่ 2 | ลำดับที่ 3 | ลำดับที่ 4 |
| 2 | ลำดับที่ 2 | ลำดับที่ 3 | ลำดับที่ 4 | ลำดับที่ 1 |
| 3 | ลำดับที่ 3 | ลำดับที่ 4 | ลำดับที่ 1 | ลำดับที่ 2 |
| 4 | ลำดับที่ 4 | ลำดับที่ 1 | ลำดับที่ 2 | ลำดับที่ 3 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก จ**

**วิธีการหาน้ำหนัก 1 RM**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**วิธีการหาน้ำหนัก 1 RM**

**(Baechle and Earle , 2000)**

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติดังนี้

1. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน 5-10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่าง

2. ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ 10-15 ครั้งด้วยความหนักที่เบา

3. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประมาณน้ำหนักที่สามารถยกได้ 3-4 ครั้ง ดังตารางคำนวณเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงสูงสุด (1 RM)

4. ต่อจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยกน้ำหนักด้วยท่าควอเตอร์สควอท ด้วยการผสมผสานแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศในอัตราส่วน 50:50 ที่ได้ประมานไว้จนกว่าจะไม่สามารถทำได้ หลังจากนั้นเสร็จสิ้นการทดสอบ

5. นำความหนักที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบหาค่า 1 RM โดยใช้ตารางการเปรียบเทียบของโทมัส บาชเคิลและเอิร์ล (Baechle and Earle , 2000)

ตารางคำนวณเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงสูงสุด (1 RM)

| จำนวนครั้งที่สามารถยกได้มากที่สุด (Repetition maximum) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| เปอร์เซ็นต์ของค่าความหนักสูงสุดที่สามารถยกได้สูงสุดเพียงครั้งเดียว (1 RM) | 100 | 95 | 93 | 90 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

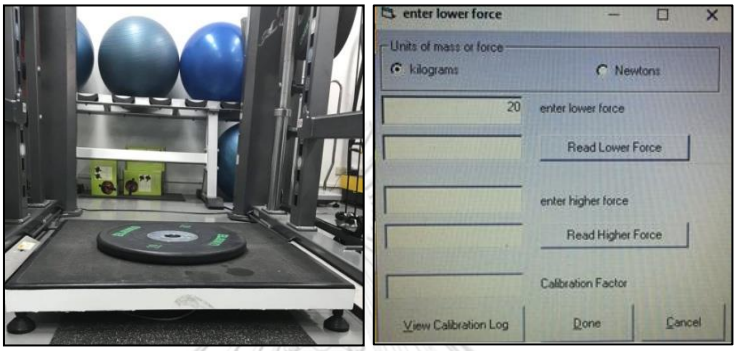
# ภาคผนวก ฉ
# การสอบเทียบ (Calibration)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**การสอบเทียบ (Calibration) แผ่นตรวจรับแรงกระแทก**
**ของเครื่องฝึกและทดสอบกล้ามเนื้อแรงระเบิด (Ballistic Measurement System)**

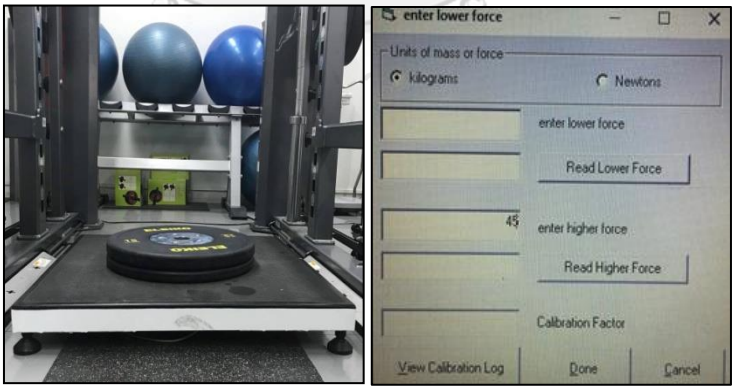
วิธีการสอบเทียบเครื่องมือแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

1. วางแผ่นน้ำหนักจำนวนหนึ่งลงบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก พร้อมทั้งป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์หน่วยเป็นนิวตัน




แสดงการวางแผ่นน้ำหนักจำนวนหนึ่งลงบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

2. วางแผ่นน้ำหนักเพิ่มลงไปบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก พร้อมทั้งป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์หน่วยเป็นนิวตัน




วางแผ่นน้ำหนักเพิ่มลงไปบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

3. ซอฟท์แวร์จะทำการวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลการสอบเทียบ

หมายเหตุ –ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศอเมริกา

แผ่นเหล็กเพิ่มน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ของบริษัท ELEIKO Sport AB ผลิตที่รัฐ Chicago, IL ประเทศอเมริกา

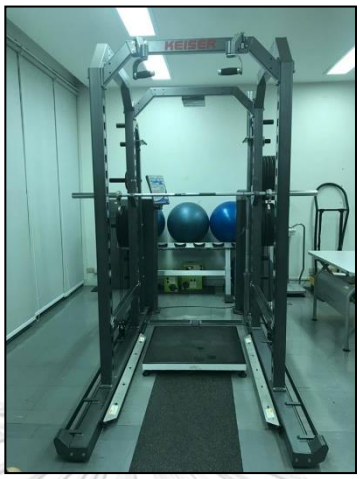
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# ภาคผนวก ช
## แบบทดสอบพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**แบบทดสอบพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรง**

อุปกรณ์



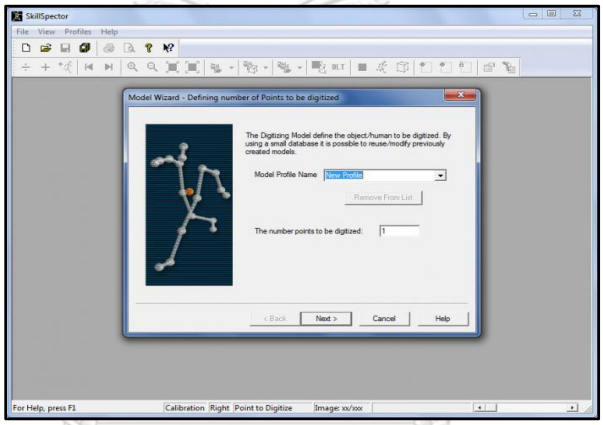
เครื่องฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Keiser power race) รุ่น A400 (Keiser power rack equipment) ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา

บาร์เบลแบบตรง (Olympic barbell)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Ballistic measurement software เวอร์ชั่น 2011 2.0 ของบริษัท Innervations ผลิตที่เมือง Perth ประเทศออสเตรเลีย

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




โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Skill Spector)

กล้องถ่ายภาพและบันทึกวีดีโอ ยี่ห้อ นิคอน (Nicon) d 5500 ความละเอียด 24.2 MP DX Format CMOS sensor ความละเอียดภาพ 6000x4000

**ภาคผนวก ซ**

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบ**

| | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ | ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี | ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก |
| 3. อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มละมัย | ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน |
| 4. อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญภานิช | ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน |
| 5. อาจารย์ ดร. เบญจพล เบญจพลากร | ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความตรงเชิงเนื้อหาของการทดสอบผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

| เนื้อหา | ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC |
|---|---|---|---|---|
| | +1 | 0 | -1 | |
| 1. โปรแกรมการทดสอบ | | | | |
| -ท่าที่ใช้ในการทดสอบ ใช้ท่าสควอทจั๊ม (Squat jump) | 5 | 0 | 0 | 1 |
| สัดส่วนที่ใช้ในการทดสอบ | | | | |
| - 20% 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนัก 100%) | 5 | 0 | 0 | 1 |
| - 20% 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนัก 90% + แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 10%) | 5 | 0 | 0 | 1 |
| - 20% 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนัก 70% + แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 30%) | 5 | 0 | 0 | 1 |
| - 20% 1 RM (แรงต้านด้วยน้ำหนัก 50% + แรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 50%) | 5 | 0 | 0 | 1 |
| - จำนวนครั้งต่อเซตในการทดสอบ 3 ครั้ง | 3 | 1 | 1 | 0.4 |
| - จังหวะในการทดสอบในแต่ละครั้ง เร็วที่สุดและต่อเนื่อง | 2 | 2 | 1 | 0.2 |
| - จำนวนเซตในการทดสอบ 1 เซต | 4 | 1 | 0 | 0.8 |
| - ความถี่ของโปรแกรมการทดสอบ 1 ครั้ง/สัปดาห์ | 4 | 1 | 0 | 0.8 |
| ค่าเฉลี่ย | | | | 0.8 |

*แก้ไข

- จำนวนครั้งในการทดสอบ : 1 ครั้ง
- จังหวะในการทดสอบในแต่ละครั้ง : เร็วและแรงที่สุด
- จำนวนเซ็ตในการทดสอบ : 3 เซ็ต
- ความถี่ของโปรแกรมการทดสอบ : 2 ครั้ง/สัปดาห์

*เพิ่มเติม

- เวลาพักระหว่างครั้ง : 2 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ฌ**

**บันทึกข้อความ แจ้งผลพิจารณาจริยธรรม**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 01481
วันที่ 24 พ.ค. 61 เวลา 16.04 น.

# บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202
ที่ จว 526 /2561 วันที่ 11 พฤษภาคม 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

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

โครงการวิจัยที่ 069.1/61 เรื่อง ผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม (ACUTE EFFECTS OF VARIOUS COMBINED WEIGHT AND PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER FORCE VELOCITY AND RATE OF FORCE DEVELOPMENT DURING SQUAT JUMP) ของ นางสาวจามจุรี ขวัญสง โดยมีข้อสังเกต ดังนี้

1. การประชาสัมพันธ์โดยติดประกาศฯ และการบันทึกวิดีโอ ควรระบุไว้ในโครงการฯ ด้วย
2. ควรเพิ่มหัวข้อเกี่ยวกับการพิทักษ์และคุ้มครองสิทธิ์ผู้มีส่วนร่วมฯ ในโครงการฯ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

เรียน ... (อ.ดร. ...)
เพื่อโปรด
- ☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
- ○ พิจารณา
- ○ ลงนาม
- ○ อนุมัติ

ลงชื่อ... 24 พ.ค. 2561
...
...
25 พ.ค. 61

AF 01-12

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

**COA No.** 110/2561

## ใบรับรองโครงการวิจัย

| | | |
|---|---|---|
| **โครงการวิจัยที่** 069.1/61 | : | ผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด และอัตราการพัฒนาแรงของการผสมผสานการฝึกแบบแรงด้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม |
| **ผู้วิจัยหลัก** | : | นางสาวจามจุรี ขวัญสง |
| **หน่วยงาน** | : | คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม..... ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
ประธาน กรรมการและเลขานุการ

**วันที่รับรอง** : 7 พฤษภาคม 2561 **วันหมดอายุ** : 6 พฤษภาคม 2562

**เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง**

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

เอกสารที่โครงการวิจัย 069.1/61
วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

**เงื่อนไข**

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการพิจารณาจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารชี้ชวนเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

**ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

ชื่อผู้วิจัย นางสาวจามจุรี ชวัญสง ตำแหน่ง นิสิต

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่บ้าน) 166/26 เพชรเกษม 16 แขวง วัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ กทม. 10600

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) .....ต่อ ..... โทรศัพท์ที่บ้าน 02-4673066

โทรศัพท์มือถือ 092-282-0501 E-mail : k.jamjuree9088@gmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัย ผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 *เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการทดสอบด้วยท่าสควอทจั๊ม โดยการนำเอาแรงดันอากาศและน้ำหนักมาผสมผสานกันในอัตราส่วนของน้ำหนักที่แตกต่างกัน เพื่อหาว่าน้ำหนักในอัตราส่วนใดมีความเหมาะสมที่จะทำให้พลัง แรง ความเร็วและอัตราการพัฒนาแรงมีค่าสูงที่สุด*

เลขที่โครงการวิจัย 069-1/61
วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

4.1 เกณฑ์การคัดเข้า

*4.1.1 นิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีอาการบาดเจ็บทางร่างกาย เช่น อาการบาดเจ็บหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า*

*4.1.2 ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมวิจัย เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต หอบหืด และผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนต้องกรอกข้อมูลในแบบสอบถามสุขภาพ*

*4.1.3 มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว*

*4.1.4 มีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย*

*4.1.5 ขณะเข้าร่วมทำการวิจัย ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยอื่นในระยะเวลาเดียวกัน*

4.2 เกณฑ์การคัดออก

*4.2.1 เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ เช่น อาการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วยเป็นต้น*

*4.2.2 ไม่ได้เข้าร่วมการทดสอบ 3 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการทดสอบ 2 สัปดาห์*

*4.2.3 ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ*

5. มีจำนวนทั้งหมด *15 คน*

6. วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

*ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยการประชาสัมพันธ์ด้วยติดประกาศ ข้อมูลที่ติดประกาศระบุว่า ต้องเป็นนิสิตเพศชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ผู้วิจัยให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมวิจัยและมีข้อมูลที่ตรงกับใบประกาศตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที หากผู้เข้าร่วมการวิจัยผ่านเกณฑ์คัดเข้าตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจะอธิบายวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมวิจัย รายละเอียดต่างๆ ในการเข้าร่วมการวิจัย ตลอดจนโปรแกรมการทดลอง ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบ รวมไปถึงการชี้แจงเกี่ยวกับการบันทึกวีดีโอขณะทำการทดสอบทุกครั้ง และอธิบายให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบเข้าใจว่าหลังจากโครงการวิจัยนี้เสร็จสิ้นลง ผู้วิจัยจะทำการลบทำลายคลิปวีดีโอทั้งหมดทันที โดยไม่มีผลต่อการศึกษา (ไม่มีใบโฆษณาชิญชวนใดๆ ทั้งสิ้น) และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำความเข้าใจกับข้อตกลงในใบยินยอมและลงนามในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมการวิจัย หลังจากนั้นผู้วิจัยจะทำการนัดหมายกับผู้เข้าร่วมวิจัยมาทำการทดสอบการหา 20% ของ 1 RM และประเมินสัดส่วนร่างกายในวันเดียวกัน ผู้วิจัยชี้แจงแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยควรงดการออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง ให้นอนหลับให้เต็มที่ก่อนที่จะมีการทดสอบทุกครั้ง และจะต้องแต่งกายโดยใส่เสื้อกีฬาแขนสั้น กางเกงจะต้องเป็นกางเกงกีฬาขาสั้นเสมอเข่าขึ้นมา มีความยืดหยุ่นและไม่เป็นอุปสรรคในการย่อเข่าทำท่าสควอทจั๊ม หลังจากการทดสอบหาค่า 1 RM และประเมินสัดส่วนร่างกายเสร็จสิ้นและครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยจะนัดวันเวลาในการทดสอบเพื่อหาผลฉับพลันตามวัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ในการทดสอบแต่ละครั้งต้องมีระยะเวลาห่างกันมากกว่า 72 ชั่วโมง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดวันที่ใช้ในการทดสอบ คือ หากผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการทดสอบครั้งแรกในวันจันทร์ครั้งถัดไปจะต้องเป็นวันพฤหัสบดี หรือหากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีเวลาว่างตรงกับวันดังกล่าวสามารถเข้ารับการทดสอบได้ในวันอังคารและครั้งถัดไปคือวันศุกร์ของสัปดาห์นั้นๆ รวม 2 สัปดาห์ เวลา 9.00 น.-12.00 น. และ 13.00 น.-17.00 น. ใช้เวลาในการทดสอบครั้งละ 10 นาที ต่อ 1 คน ใช้ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการทดสอบ ในการทดสอบแต่ละครั้งมีการบันทึกวีดีโอ (หลังเสร็จสิ้นงานวิจัยจะมีการลบทำลายคลิปวีดีโอทั้งหมดทันที) และเก็บข้อมูลทันทีแล้วนำข้อมูลที่ได้มาแปรผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้วิจัยหลักและผู้ช่วยผู้วิจัยจำนวน 1 คน ที่ได้รับการฝึกอบรมขั้นตอนและการทดสอบจากผู้วิจัยหลัก จะทำหน้าที่ควบคุมดูแลการทดสอบตลอดการวิจัย*

7. *การวัดก่อนการทดลอง*

*ทำการวัดก่อนการทดลอง โดยวัดและเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง และมวลไขมัน ด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบร่างกายและประเมินสัดส่วนของร่างกาย ณ ห้องแล็ป คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

8. การแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

*มีการจับฉลากแบ่งเป็นลำดับ 4 ลำดับ ซึ่งลำดับที่ 1-3 จะมีจำนวนลำดับละ 4 คน และลำดับที่ 4 จำนวน 3 คน โดยแบกน้ำหนักด้วยความหนักต่างกันทั้ง 4 เงื่อนไข ด้วยวิธีอ่วงดุลลำดับ*

เอกสารรับรองวันที่ 069.1/61
ใช้ได้ถึงวันที่ - 7 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

9. ขั้นตอนการหาน้ำหนัก 1 RM

*ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติดังนี้*

*9.1 ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน 5-10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อส่วนล่าง*

*9.2 ทำการอบอุ่นร่างกายโดยการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ 10-15 ครั้ง ด้วยความหนักที่เบาประมาณ 25% ของน้ำหนักตัว*

*9.3 ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองประมาณน้ำหนักที่สามารถยกได้ 3-4 ครั้ง*

*9.4 ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองยกท่าฮาล์ฟสควอทด้วยน้ำหนักที่ได้ประมาณไว้ จนกว่าจะไม่สามารถยกได้ หลังจากนั้นเสร็จสิ้นการทดลอง*

*9.5 นำความหนักที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบหาค่า 1 RM*

10. ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

*10.1 อบอุ่นร่างกายวิ่งเหยาะๆ 5-7 นาที*

*10.2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบการเคลื่อนไหวในท่าทางที่คล้ายกับการทดสอบ*

*10.3 ทำการทดสอบการกระโดดในท่าสควอทจั๊ม กระโดด 1 ครั้ง โดยใช้ความพยายามสูงสุด ทำ 3 เซ็ต แต่ละเซ็ตพัก 2 นาที แล้วเก็บเป็นข้อมูล โดยน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ คือ 20% ของ 1 RM มีอัตราส่วนดังนี้*

- *20% ของ 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 100%)*
- *20% ของ 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 90% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 10%)*
- *20% ของ 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 70% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 30%)*
- *20% ของ 1 RM (ฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก 50% + ฝึกแรงต้านด้วยแรงดันอากาศ 50%)*

11. ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

12. หากผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการบาดเจ็บ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ เช่น การหกล้ม เป็นต้น ผู้วิจัยจะให้ความช่วยเหลือในเบื้องต้น เช่น ให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการ หรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบท่าน ให้ได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

13. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการเข้าร่วมการวิจัย

*13.1 ทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันด้วยท่าสควอทจั๊ม*

*13.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ประโยชน์กับการเล่นกีฬาหรือการออกกำลังกายด้วยตนเองได้*

*13.3 สามารถนำไปใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาและส่งเสริมพลัง แรงและความเร็วของนักกีฬาหรือบุคคลอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น*

เอกสารรับรองโครงการวิจัย 069-1/61
วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

14. *การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับและผลต่อการเรียน*

15. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

*หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่*

16. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน *ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสโดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกลบและทำลายในส่วนของข้อมูลทั้งหมด*

17. การวิจัยครั้งนี้มีค่าตอบแทนและค่าชดเชยการเสียเวลา *ครั้งละ 100 บาท แก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัย รวมเป็นเงินทั้งสิ้น ท่านละ 500 บาท มีอาหารว่างและน้ำในระหว่างการทดสอบ โดยจะดำเนินการให้แก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ*

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

เลขที่โครงการวิจัย 069.1/61
วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561
วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

AF05-07

**หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย**

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม

ชื่อผู้วิจัย นางสาวจามจุรี ชวัญชง

ที่อยู่ที่ติดต่อ 166/26 เพชรเกษม 16 แขวง วัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ กทม. 10600 โทรศัพท์ 092-282-0510

1. ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

2. ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมใน โครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมการทดสอบผลฉับพลันของพลังสูงสุด แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุดและอัตราการพัฒนาแรง ของการผสมผสานการฝึกแบบแรงต้านด้วยน้ำหนักและแรงดันอากาศที่แตกต่างกันในท่าสควอทจั๊ม และยินยอมให้ถ่ายภาพวีดีโอ โดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน คือ วันอังคารและวันศุกร์ เวลา 8.00 – 13.00 น. ใช้เวลาในการทดสอบครั้งละ 10 นาทีต่อ 1 คน ทำการทดสอบการกระโดดในท่าสควอทจั๊ม กระโดด 1 ครั้ง 3 เซ็ต แต่ละเซ็ตพัก 2 นาที โดยใช้ความพยายามสูงสุด น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ คือ 20% ของ 1 RM

3. ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบต่อการเรียนหรือในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

4. ข้าพเจ้าได้รับทำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็น โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และมีการลบทำลายคลิปวีดีโอทั้งหมดหลังจากงานวิจัยนี้เสร็จสิ้นแล้ว

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202

E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(.....) (.....)

ผู้วิจัยหลัก ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

เลขที่โครงการวิจัย 069.1/61 (.....)

วันที่รับรอง - 7 พ.ค. 2561 พยาน

วันหมดอายุ - 6 พ.ค. 2562

1/2

V.2.4/2558

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล : นางสาวจามจุรี ขวัญสง

เกิดวันที่ : 22 เมษายน พ.ศ.2535

ที่อยู่ปัจจุบัน : 42 หมู่ 10 ต. ท่าขึ้น อ. ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช 80160

ประวัติการศึกษา :

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมจากโรงเรียนกีฬาจังหวัดนครศรีธรรมราช

- สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต แขนงวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา2559 ภาคต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University