ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็ว
ต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด

นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์

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 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACUTE EFFECTS OF SQUAT MOVEMENT VELOCITY DURING PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER AND PEAK FORCE

Miss Phitchapa Konthasing

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 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด
โดย	นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิชชาภา คนธสิงห์ : ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด (ACUTE EFFECTS OF SQUAT MOVEMENT VELOCITY DURING PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER AND PEAK FORCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ, 87 หน้า.

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบความเร็วของการออกแรงต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด วิธีการดำเนินงานวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยการวิจัยครั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบด้วยแรงต้านที่ความหนักน้ำหนัก 80% ของ 1RM โดยกำหนดความเร็ว 3 ความเร็ว ได้แก่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ทำการทดสอบบนแท่นวัดแรง (Force plate) โดยช่วงเวลาการทดสอบแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ

ผลการวิจัย ภายหลังจากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ผลฉับพลับของพลังสูงสุด (Peak power) ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทมีค่าพลังสูงสุดมากกว่าการทดสอบที่ความเร็วที่ 50% และ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ในท่าเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุด (Peak force) ขณะทำท่าสควอทจากการทดสอบทั้ง 3 ความเร็ว ได้แก่ ความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความสามารถในการออกแรงด้วยความเร็วสูงสุดที่น้ำหนัก 80% ของ 1RM

สรุปผลการวิจัย การฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM พบว่า ความเร็วที่เหมาะสมในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ คือ ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท และความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าแรงสูงสุดเมื่อใช้น้ำหนักในการฝึกเดียวกัน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5778323739 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: SQUAT / PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING / MOVEMENT VELOCITY / PEAK POWER / PEAK FORCE

PHITCHAPA KONTHASING: ACUTE EFFECTS OF SQUAT MOVEMENT VELOCITY DURING PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER AND PEAK FORCE. ADVISOR: KANANG SRIHIRUN, Ph.D., 87 pp.

The purpose of this study was to compare the acute effects of movement velocity of maximum effort during squat by pneumatic resistance machine on peak power and peak force. Thirty male students from the Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, aged range between 18-22 years, were recruited. In this study was crossover study. All subjects were measured one repetition maximums (1RM) in squat on pneumatic resistance machine and evaluated the maximum velocity at intensity 80% of 1RM. Subjects performed squat on pneumatic resistance machine at same intensities (80% 1RM) for 3 different velocity conditions (50%, 75% and 100% of maximum effort) once a week. Force plate was used to measure peak power and peak force. The results were analyzed by using one-way analysis of variance with repeated measure.

Results, the acute effect on peak power at maximum velocity (100% of maximum effort) during squat by pneumatic resistance machine was significantly higher than movement velocity at 50% and 75% measurement at the .05 level. Moreover, there was no significant difference ($p>.05$) on peak force for 3 different velocity conditions (50%, 75% and 100% of maximum effort) at intensity 80% of 1RM.

In conclusion, the most effective velocity to increase peak power for squat training on pneumatic resistance machine at intensity 80% of 1RM was 100% of maximum effort. The same intensity with different velocities for squat training on pneumatic resistance machine had no significant effect on peak force.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Academic Year: 2015 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังสุงสุดและแรงสูงสุด สำเร็จได้ เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็นและกำลังใจ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำแนะนำ ข้อคิดและสร้างแรงใจให้เกิดอยู่ตลอดเวลาในเวลาที่ท้อแท้ หมดกำลังใจ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง อาจารย์คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี อาจารย์เอกวิทย์ แสวงผล อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอดและอาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้รายงานการวิจัยของผู้วิจัยสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาตลอดจน คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณ ครอบครัวอันเป็นที่รักและเพื่อนๆทุกคน ที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนกระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจตลอดมาให้ผู้เขียนจัดทำรายงานการวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
สมมติฐานของการวิจัย 5
ขอบเขตของการวิจัย 5
คำจำกัดความของการวิจัย 5
ประโยชน์ที่ได้รับ 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
1. กล้ามเนื้อลาย 8
2. องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกล้ามเนื้อ 15
3. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ 18
4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 21
5. พื้นฐานการฝึกความแข็งแรง 23
6. การฝึกแรงต้านแบบกับความเร็วที่แตกต่างกัน 27
7. กลไกการตอบสนองต่อการฝึกด้วยความเร็ว 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 36
กลุ่มตัวอย่าง 36
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 37
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 38
การวิเคราะห์ข้อมูล 42
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43
ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย 44
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) 46
ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าพลังและค่าแรงสูงสุดของท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย 52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 56
สรุปผลการวิจัย 56
อภิปรายผลการวิจัย 57
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 61
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 61
รายการอ้างอิง 62
ภาคผนวก ก หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย 66
ภาคผนวก ข แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 68
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทดสอบโปรแกรมการทดสอบ 69
ภาคผนวก ง การเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดสอบ 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก จ วิธีการทดสอบวิธีการหาน้ำหนัก 1 RM และการหาความเร็วในการทดสอบ 72
ภาคผนวก ฉ วิธีการทดสอบพลังสูงสุดและแรงสูงสุด 75
ภาคผนวก ช อุปกรณ์ในการวิจัย 76
ภาคผนวก ซ แบบบันทึกผล 80
ภาคผนวก ฌ ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อขา 81
ภาคผนวก ญ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบแบบประเมินเนื้อหา ของโปรแกรมการทดสอบ IOC 85
ภาคผนวก ฎ บันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย 86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตาราง 1 ตาราง Counter balance ของการทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ..... 41

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย... 44

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย..... 45

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM 46

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM 47

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังสูงสุดที่ความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM..... 48

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงความเร็วสูงสุดที่ 50%, 75% และ 100% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM..... 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

รูปภาพ 1 แสดงองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ 9

รูปภาพ 2 แสดงการรวมกันของการหดตัวของกล้ามเนื้อ 13

รูปภาพ 3 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวกล้ามเนื้อกับแรงหด 13

รูปภาพ 4 กราฟแสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 2 วินาที 19

รูปภาพ 5 แสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 1 วินาที 20

รูปภาพ 6 แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 0.5 วินาที 20

รูปภาพ 7 แสดงการเปรียบเทียบพลังที่ความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM 54

รูปภาพ 8 แสดงการเปรียบเทียบแรงที่ความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM 55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย.....35

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังสุงสุดของความเร็วที่แตกต่างกันของความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM 52

แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสุงสุดของความเร็วที่แตกต่างกันของความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM.....53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หลักการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางการใช้พลังงาน (Energy Fitness Training) และการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อ (Muscular Fitness Training) (Sharkey & Gaskill, 2006) การพัฒนาการฝึกซ้อมให้แก่นักกีฬาเพื่อให้นักกีฬามีเพิ่มสมรรถภาพการใช้พลังงานและกล้ามเนื้อที่เหมาะสมกับชนิดกีฬา โดยแต่ละชนิดกีฬามีความต้องการในการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน ความต้องการใช้พลังงานและการใช้กล้ามเนื้อของแต่ละชนิดกีฬาจึงมีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าแต่ละชนิดกีฬามีลักษณะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน แต่สมรรถภาพกล้ามเนื้อ (Muscular Fitness) เป็นสมรรถภาพด้านที่มีความสำคัญต่อกีฬาแทบทุกชนิด พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการเคลื่อนย้ายถ่ายโอนพลังงานก่อให้เกิดเป็นแรงกระทำที่แสดงออกมาอย่างรวดเร็ว (Hoff & Helgerud, 2004) พลังกล้ามเนื้อเกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงหดตัวเต็มที่อย่างรวดเร็ว ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเคลื่อนไหวที่ต้องการความรวดเร็วเพื่อการปฏิบัติทักษะทางกีฬา นอกจากนั้นยังมีผลต่อการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเร่งความเร็วในระหว่างการแข่งขันกีฬาอีกหลายชนิด ในขณะที่ความต้องการของนักกีฬาที่พยายามจะออกแรงเพื่อทำให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อให้มากที่สุด นักกีฬาจะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรงและเร่งความเร็วของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยใช้เวลาน้อยลง นักกีฬามีที่สมรรถภาพด้านพลังกล้ามเนื้อที่ดีจะมีความได้เปรียบ เนื่องจากแทบทุกชนิดกีฬาต้องอาศัยสมรรถภาพกล้ามเนื้อด้านพลังกล้ามเนื้อในการแข่งขัน เช่น การออกตัวของการวิ่งระยะสั้น การออกแรงยกน้ำหนัก หรือแม้กระทั่งการวิ่งเร่งเข้าเส้นชัยของนักกีฬาวิ่งระยะไกล

ความสามารถในการพัฒนากล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นท่าทางที่ใช้ในการฝึก ความเร็วของการออกแรง ความเร็วของการหดของกล้ามเนื้อ ระยะเริ่มต้นของการยืดตัวของกล้ามเนื้อ ชนิดของกล้ามเนื้อ จำนวนหน่วยยนต์ที่มีการทำงานและขนาดหน้าตัดของกล้ามเนื้อ เป็นต้น (Mohamad, Cronin, & Nosaka, 2012) จากที่กล่าวมาข้างต้นมีหลากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการ

พัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อ หนึ่งในนั้นคือความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อเนื่องจากความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแตกต่างกัน การฝึกด้วยแรงต้านในรูปแบบที่ให้กล้ามเนื้อออกแรงด้วยความเร็วคงที่ตลอดการเคลื่อนไหวถูกจำกัดในอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาสูงและมีข้อจำกัดในการใช้สำหรับการฝึก โดยที่กำหนดให้ความเร็วช่วง 20-96 องศาต่อวินาที เป็นความเร็วแบบช้า (Slow velocity) ส่วน 100-300 องศาต่อวินาทีเป็นความเร็วสูง (High velocity) (Pereira & Gomes, 2003) ข้อสรุปจากการศึกษาผลของแรงต้านที่มีการกำหนดความเร็วยังมีข้อโต้เถียงในการศึกษาบางเรื่องและยังคงไม่มีการรายงานการกำหนดความเร็วของการฝึกที่ชัดเจน

การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นและการรักษาความแข็งแรง พลัง และการขยายขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ โดยอาศัยการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อกระตุ้นให้มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo, 2014) ในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์การฝึกด้วยแรงต้านถูกพัฒนาขึ้นมาให้มีความหลากหลายในการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปสามารถแบ่งอุปกรณ์การฝึกด้วยแรงต้านออกเป็นแมชชีนเวท (Machine weight) และฟรีเวท (Free weight) อุปกรณ์แรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ (Pneumatic) เป็นอุปกรณ์การฝึกด้วยแรงต้านชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่นำแรงดันอากาศสร้างเป็นแรงต้านแทนการใช้แรงต้านจากน้ำหนัก แรงดันอากาศที่ใช้ในการฝึกโดยเครื่องแรงดันอากาศมีลักษณะคล้ายยางยืด ซึ่งแรงต้านอากาศก็เปรียบเสมือนกับการอัดความดันใส่หลอดฉีดขนาดใหญ่โดยใช้ความดันอากาศซึ่งยิ่งสูงมากแรงต้านก็จะยิ่งมีมาก โดยแรงดันอากาศจะเป็นตัวกำหนดแรงต้านที่สร้างขึ้น เมื่อมีการเคลื่อนไหวจะเกิดแรงกดขึ้นส่งผลทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและกลายเป็นแรงต้าน (Keiser Corporation, 2016) และอุปกรณ์ที่อาศัยแรงดันจากอากาศโดยให้กล้ามเนื้อออกแรงแบบความตึงตัวคงที่และออกแรงต้านแรงจากแรงต้านภายนอกคงที่ ซึ่งจากการเปรียบเทียบกราฟที่แสดงค่าแรงในการออกกำลังกายท่าเตะขาไปด้านหน้า (Leg extension) ระหว่างการใช้แผ่นน้ำหนักกับการใช้เครื่องที่ใช้แรงอัดอากาศ กราฟจะแสดงค่าที่ได้จากการออกกำลังการจากทั้งสองอุปกรณ์ โดยใช้แรงต้านน้ำหนักเท่ากัน แผ่นวัดแรงที่ติดอยู่ที่ขาส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินผลออกมาเป็นค่าแรงและค่ามุมที่ใช้ พบว่าเมื่อเวลาในการเตะลดลงกราฟที่แสดงค่าแรงที่ใช้เตะของแผ่นน้ำหนักมีความชันเกิดขึ้นแต่กราฟที่แสดงค่าที่ใช้เตะของอุปกรณ์แรงอัดอากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชัน

และมีมุมที่เหมาะสมกับการฝึก การฝึกโดยใช้เครื่องต้านโดยอาศัยแรงดันอากาศมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการฝึกแบบกำหนดความเร็ว เนื่องจากการออกแรงตลอดการเคลื่อนไหวมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าจะสามารถกำหนดให้ความเร็วตลอดการฝึกมีความคงที่ แต่การศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดความเร็วโดยอาศัยอุปกรณ์ที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศก็ยังมีการศึกษาน้อยมาก หรือแม้กระทั่งการฝึกด้วยแรงต้านที่ทำการกำหนดความเร็วก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ซึ่งการเพิ่มแรงการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วจะส่งผลให้สมรรถภาพด้านพลังกล้ามเนื้อพัฒนาขึ้น เนื่องจากมีส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของการทำงานของเซลล์ประสาทและการปรับตัวของกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อการฝึก (Wong, Chamari, & Wisløff, 2010)

จากการศึกษาที่ผ่านมาของ โลเปซ และคณะ ปี 2012 ได้เปรียบเทียบอิทธิพลของความเร็วของการหดตัวช้าและเร็วในการฝึกด้วยแรงต้านของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนบนด้วยท่า Bench press และ Incline bench press โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านโดยให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วใช้ความเร็วในการหดตัวที่ 1.5 วินาที ส่วนกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านแบบกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้าใช้ความเร็วที่ 3 วินาที โดยพักระหว่างการฝึกชุดละ 50 วินาทีและพักระหว่างท่า ท่าละ 2 นาที พบว่า ผลจากการฝึกแบบฉับพลันของการฝึกด้วยแรงต้านด้วยความเร็วสูงส่งผลต่อความแข็งแรงในอาสาสมัครเพศชาย (Lopes et al., 2012) แต่การศึกษาของ มาเควสและคณะ ปี 2015 ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านแบบความเร็ว (Velocity-Based resistance training) กับความหนักปานกลางจำนวนครั้งน้อยร่วมกับการกระโดดและวิ่งในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนรุ่นอายุระหว่าง 16-21 ปี เป็นเวลา 26 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบ ความเร็วของการวิ่ง 20 เมตร การกระโดดสูง การหาความแข็งแรงสูงสุดด้วยท่าสควอทและการทดสอบความสามารถทางแอโรบิก พบว่า ความสามารถในการกระโดดสูงของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลง การทดสอบความแข็งแรงด้วยท่าสควอทมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการวิ่ง 20 เมตรและความสามารถทางแอโรบิกไม่มีการเปลี่ยนแปลง การฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วร่วมกับน้ำหนักปานกลาง (45-60% ของ 1RM) ส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลระดับเยาวชน (Franco-Marquez et al., 2015) และการศึกษาของ บลานโค ปี 2014 ได้ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วในกลุ่มชายสุขภาพดี โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกด้วยท่าสควอทด้วยความเร็วในการออกแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ และกลุ่มที่ 2 ทำการฝึกด้วยท่าสควอท ด้วยความเร็ว 50% ของความสามารถ

ขณะกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายหลังจากการฝึก พบว่า มีการพัฒนาด้านตัวแปรที่วัด ได้แก่ ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่มีการฝึกด้วยความเร็วสูงสุด แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบวิ่งระยะ 20 เมตร ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo, 2014)

การออกแบบโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านโดยเครื่องแรงดันอากาศโดยทั่วไปมีการกำหนดจำนวนครั้งของการยก จำนวนชุดของการฝึกและน้ำหนักของการฝึก โดยการออกแรงให้กล้ามเนื้อหดตัวด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัวด้วยความเร็วที่ต่างกันยังมีการศึกษาน้อยและปรากฏข้อมูลไม่มาก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ที่ได้นำการเพิ่มความแตกต่างของความเร็วในการฝึกมาเป็นจุดสนใจในการวิจัยครั้งนี้ จากเหตุผลดังกล่าวเป็นเหตุให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลฉับพลันของการฝึกด้วยแรงต้านด้วยแรงดันอากาศที่ความเร็วแตกต่างกัน โดยผู้วิจัยต้องการที่จะเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกโดยใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศกับความเร็วของการยก 3 รูปแบบ คือ ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM และความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบพลังและแรงที่ได้จากการทดสอบ เนื่องจากเป็นท่าออกกำลังกายที่นิยมในการสร้างความแข็งแรงและใช้ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกทั้งในนักกีฬาและผู้ที่ชอบออกกำลังกายเพื่อใช้ในการฝึกด้วยแรงต้าน เพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของร่างกายช่วงล่าง (Chiu & Burkhardt, 2011) เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างพลังกล้ามเนื้อในร่างกายส่วนล่างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด
2. เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อผลต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุดแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

วิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อพลังและแรงสูงสุดในนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

1. ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็ว ดังนี้
    1.1. ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM
    1.2. ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM
    1.3. ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM
2. ตัวแปรตาม ประกอบด้วย
    2.1. พลังสูงสุดขณะฝึกแรงต้าน
    2.2. แรงสูงสุดขณะฝึกแรงต้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำจำกัดความของการวิจัย

ผลฉับพลัน (Acute Effects) หมายถึง ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงผลหลังทดสอบแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ

การฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศ (Pneumatic resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านโดยท่าสควอทโดยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงอันอากาศ

ความเร็วของการออกแรง (Movement velocity) หมายถึง การกำหนดความเร็วในช่วงที่กล้ามเนื้อออกแรงหดตัว งานวิจัยนี้ได้กำหนดความเร็วของการออกแรง 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท และความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

พลังสูงสุด (Peak power) หมายถึง ค่าพลังของกล้ามเนื้อที่ได้จากการทดสอบออกแรงท่าสควอทด้วยความเร็วแตกต่างที่น้ำหนัก 80% ของ 1RM กันโดยเครื่อง FT700 ซึ่งแสดงค่าผ่านทางโปรแกรม Ballistic Measurement System มีหน่วยเป็น วัตต์

แรงสูงสุด (Peak force) หมายถึง ค่าแรงของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดในการทดสอบออกแรงท่าสควอทด้วยความเร็วแตกต่างที่น้ำหนัก 80% ของ 1RM กันโดยเครื่อง FT700 ซึ่งแสดงค่าผ่านทางโปรแกรม Ballistic Measurement System มีหน่วยเป็น นิวตัน

การฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็ว 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท (100% of High velocity resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านโดยการออกแรงให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัว ด้วยความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็ว 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท (75% of High velocity resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านโดยการออกแรงให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัว ด้วยความเร็ว 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยการนำความเร็วสูงสุดมาเทียบอัตราส่วน

การฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็ว 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท (50% of High velocity resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านโดยการออกแรงให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัว ด้วยความเร็ว 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยการนำความเร็วสูงสุดมาเทียบอัตราส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด
2. นำความรู้ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมให้แก่ คนทั่วไปและนักกีฬาได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด ในครั้งนี้ผู้วิจัยทำได้ค้นคว้า รวบรวมเอกสาร บทความและตำราทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง พร้อมนำมาเรียบเรียงไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้ ดังนี้

1. กล้ามเนื้อลาย
2. องค์ประกอบสมรรถภาพทางกล้ามเนื้อ
3. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ
4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
5. พื้นฐานการฝึกความแข็งแรง
6. พื้นฐานการฝึกแรงต้านแบบความเร็วที่แตกต่างกัน
7. กลไกลการตอบสนองต่อการฝึกด้วยความเร็ว
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. กล้ามเนื้อลาย

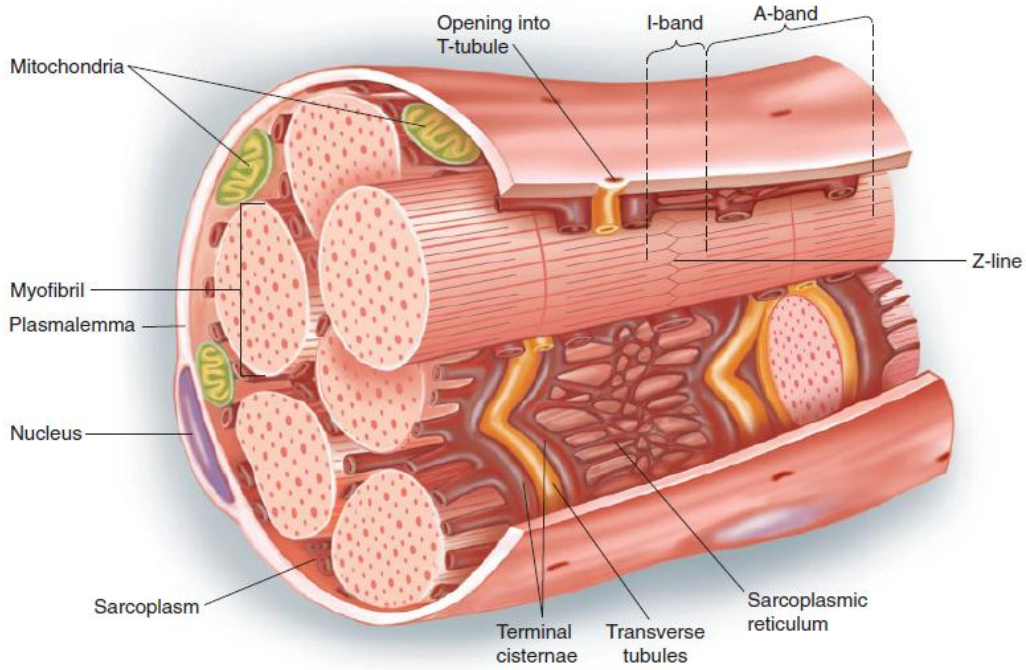
คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล (2535) ได้กล่าวถึงลักษณะและหน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อลาย ดังนี้

การทำงานของกล้ามเนื้อ คือ การหดตัวให้สั้นเข้า กล้ามเนื้อลายยึดกับกระดูกซึ่งมีข้อต่อติดกันโดยเส้นเอ็น เมื่อมีการหดตัวจะดึงกระดูกให้เคลื่อนที่ เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ส่วนกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบนั้น ส่วนใหญ่ประกอบขึ้นเป็นผนังอวัยวะภายในและมีลักษณะภายในกลวง เมื่อกล้ามเนื้อเหล่านี้หดตัวทำให้ความดันภายในเปลี่ยนดันไล่ของที่อยู่ภายในให้ออกไปสู่ปลายทาง การหดตัวของกล้ามเนื้อลายนั้นอยู่ภายใต้อำนาจจิตหรือรีเฟล็กซ์ ส่วนกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อหัวใจทำงานนอกอำนาจจิตใจ มี automaticity เกิดขึ้นเอง มีประสาทออโตโนมิคควบคุมให้ทำงานมากหรือน้อยตามความต้องการของร่างกายเช่นกล้ามเนื้อหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ มากขึ้นเมื่อออกกำลัง หรือกล้ามเนื้อหัวใจทำงานน้อยลงเวลานอนหลับ พวกกล้ามเนื้อเรียบบางแห่งเช่น Arterioles ต้องอาศัยประสาทโมเตอร์จากระบบประสาทออโตโนมิควบคุมเพื่อบังคับให้ทำงานตามความประสงค์ของร่างกาย ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อมีความจำเป็นสำหรับชีวิต จะขาดเสียไม่ได้ ในตอนแรกนี้จะขอกล่าวเฉพาะการทำงานของกล้ามเน้อลายก่อน เพราะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการหดตัวมาก ทั้งจะช่วยอธิบายถึงการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อชนิดอื่นได้ดี

รูปร่างและลักษณะกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายมีเส้นใยเรียงขนานกัน โดยมีเอ็นช่วยยึดกับกระดูก ฉะนั้นการหดตัวก็จะมีแรงเพิ่มขึ้น แต่ละเส้นใยมีลักษณะเป็นเซลล์เดียว แต่มี Nucleus หลายอัน รูปร่างของเส้นใยมีลักษณะทรงกระบอก ไม่มี Syncytial bridge ติดต่อกันระหว่างเซลล์ กล้ามเนื้อมัดหนึ่งๆ ประกอบด้วยกลุ่มเส้นกล้ามเนื้อหลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก เช่น กล้ามเนื้อ Lumbrical ประกอบด้วยเส้นกล้ามเนื้อ 10^4 กล้ามเนื้อ Temporal ประกอบด้วยเส้นกล้ามเนื้อ 10^6 แต่ละเส้นประกอบด้วยเส้นใยมีจำนวน 1,000 ถึง 2,000 เส้น ซึ่งเส้นใยเหล่านี้ประกอบด้วย Sarcomeres เรียงตัวกันเป็นอนุกรม การหดสั้นของแต่ละ Sarcomere เป็นผลให้เกิดกล้ามเนื้อทั้งมัดหดตัว ดังนั้น sarcomere จึงเป็น Contractile unit ภายใน Sarcomere จะเห็นเส้นใยหนา (Thick filament) และเส้นใยบาง (Thin filament) เส้นใยหนาประกอบด้วยมัยโอซิน (Myosin filament)

เส้นใยบางประกอบด้วยเส้นใยแอคติน (Actin) เป็นจำนวนมาก การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเลื่อนของเส้นใยทั้งสองเข้าซ้อนกันทำให้มีการหดสั้นของ Sarcomere



รูปภาพ 1 แสดงองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015)

เส้นใยมัยโอซิน *(Myosin)*

เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว และมีหัว 2 หัว ส่วนหัวเรียกเมอโรมัยโอซินชนิดหนัก (Heavy Meromyosin) ส่วนหางเรียกเมอโรมัยโอซิน ชนิดเบา (Light Meromyosin) เมอโรมัยโอซินชนิดหนักยังประกอบด้วยส่วนหัวและส่วนคอ ที่ส่วนหัวมีเอ็นซัยม์สำหรับย่อย ATP เส้นใยหนานี้ประกอบด้วยโมเลกุลของมัยโอซินถึง 365 โมเลกุล ซึ่งเรียงตัวแบบอนุกรมกับเส้นใยโดยมีหัวอยู่ทางเดียวกัน ส่วนกลางจะเป็นหาง ที่ส่วนหัวและคอนี้จะมีลักษณะเป็นข้อต่อที่หมุนได้เพื่อนไปจับกับสายของแอคติน เมื่อมัยโอซินและแอคตินรวมกันแล้วจะเกิดสารใหม่เรียก แอคโตมัยโอซิน

เส้นใยแอคติน (Actin)

เป็นโปรตีนที่มีลักษณะกลม โปรตีนชนิดนี้แต่ละโมเลกุลเรียก จี แอคติน เมื่อรวมกันเป็นสายเรียก เอฟ แอคตินนี้มี 2 สายซึ่งจะบิดกันเป็นเกลียว เรียกว่า เส้นใยบาง

โทรโปมัยโอซิน (Tropomyosin)

มีลักษณะคล้ายมัยโอซิน แต่ไม่มีหัวและบิดเป็นเกลียวอยู่รอบๆ แอคติน โทรโปมัยโอซินนี้มีสองสาย ปลายข้างหนึ่งจะติดอยู่กับอณูของโทรโปนิน โมเลกุล ของโทรโปมัยโอซินจะแผ่ไปตลอดอณูของแคตินถึง 7 อณู ระหว่างการหดตัวโทรโปมัยโอซินจะเป็นสะพานไฟและเบนเข้าหาร่องของเส้นใยบาง เพื่อนเบนด้านที่มีปฏิกิริยาทำให้เกิด cross bridge ระหว่างมัยโอซินและแอคติน โทรโปมัยโอซินจะไม่จับแคลเซียมไอออนส์ แต่ถ้าหากมีโทรโปนินมันจะทำใหน้าที่ให้โทรโปนินจับแคลเซียมไปออนส์ เพื่อให้เกิดการหดตัวขึ้น

โทรโปนิน (Troponin)

เป็นโปรตีนที่มีลักษณะกลมเหมือนแอคติน มี 3 หน่วยย่อย คือ

1. โทรโปนิน ซี เป็นหน่วยที่จะมีการรวมกับแคลเซียมไอออนส์
2. โทรโปนิน ที เป็นหน่วยที่รวมกับโทรโปนินคอมเพล็กซ์ และติดกับโทรโปมัยโอซิน
3. โทรโปนิน ไอ เป็นตัวสุดท้ายที่คอยป้องกันการเกิด Cross bridge ระหว่างแอคตินและมัยโอซิน

จำนวนโทรโปนิน 1 โมเลกุลจะเปลี่ยนไปเป็นแอคตินได้ถึง 4-7 โมเลกุล เมื่อโทรโปนินซีมีความอิ่มตัวด้วยแคลเซียมจะทำให้โทรโปนินโอไม่มีปฏิกิริยา และ Cross bridge เข้าไปติดกับแอคติน

Sarcotubular system

ระบบนี้ประกอบด้วย Sarcoplasmic reticulum อยู่หน้าเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเก็บแคลเซียมไอออนส์ไว้ โดยนำเอาเข้ามาด้วยวิธี Active process ใกล้ๆ กับ Terminal cisternae ของ Sarcoplasmic reticulum จะมีเซลล์ผิวเยื่อของ Transverse tubule ยื่นเข้าไปภายใน Transverse tubule 1 อันกับ Terminal cisternar 2 อันรวมเรียก triad ซึ่งอยู่ใกล้กับ A และ I-band สำหรับ Transverse tubule จะติดต่อกับน้ำนอกเซลล์ นำพลังประสาทเข้ามาสู่ Terminal cisternae และ Triad terminal cisternae และ Triad นี้จะควบคุมการหลังแคลเซียมไอออนส์ และเป็นตำแหน่งเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงทางเมคานิคส์

ชนิดของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อมีหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของมัยโอโกลบินที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อ ถ้ากล้ามเนื้อใดมีสีซีด ก็แสดงว่ามีมัยโอโกลบินน้อย แต่ถ้ามีสีเข้าก็มีมัยโอโกลบินมาก พวกที่มีสีเข้มนี้เรียกว่าพวกกล้ามเนื้อสีแดง และมักเป็นพวกที่ทำงานช้าเช่นพวกกล้ามเนื้อ Soleus ส่วนพวกที่หดตัวเร็วเช่นกล้ามเนื้อ Gastrocnemius จะมีสีซีด อย่างไรก็ตามเราก็แบ่งกล้ามเนื้อออกเป็น 3 ชนิด คือ

พวกหดตัวช้า พวกหดตัวเร็ว และพวกหดตัวปานกลาง กล้ามเนื้อเหล่านี้จะมีความแตกต่างกันในส่วนของ Neuromuscular junction ด้วย นอกจากนี้ยังมี Glycojytic และ Oxidative enzyme ตลอดจนลักษณะการหดตัวแตกต่างกันด้วย

1. เส้นใยกล้ามเนื้อแดง

เส้นใยกล้ามเนื้อแดง หดตัวช้า จะมีระยะหดตัวสั้น มี Oxidative enzyme สูง มี Mitochondria มาก และมีอาการเพลียช้า กล้ามเนื้อพวกนี้เหมาะสำหรับการหดตัวแบบ Phasic ตัวอย่างเช่น กระบังลม

2. เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว

เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว หดตัวเร็ว กล้าเนื้อพวกนี้มีการเจริญทางระบบ glycolytic มากในการให้พลังงาน แต่มี Mitochondria น้อย และมี Oxidative enzyme ค่อนข้างต่ำ เส้นใยมีอาการเพลียเร็ว เหมาะสำหรับหดตัว Phasic ที่แรงมาก เช่น Gastrocnemius

3. เส้นใยที่ทำงานช้าปานกลาง

กล้ามเนื้อพวกนี้จะหดตัวช้า แต่มี Mitochondria มาก มี Oxidative enzyme สูง แต่ระบบ Glycolytic มีน้อย มีอาการเพลียช้า สามารถจะปรับตัวต่อการหดตัวนาน ได้ เหมาะสำหรับปรับร่างกายให้ตั้งตรง เช่น กล้ามเนื้อ Soleus

ส่วนประกอบของกล้ามเนื้อลาย

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเซลล์ 85% กับส่วนที่เป็นน้ำ 15% ส่วนที่เป็นเซลล์แบ่งออกเป็นของแข็ง 25% น้ำ 75% พวกของแข็งเป็นโปรตีนมี 80% และสารอื่น 20% พวกโปรตีนนี้แบ่งออกเป็นเส้นใย 65% และ Sarcoplasmic reticulum 35% ส่วนเส้นใยมีมัยโอซิน 55% แอคติน 20% โทรโปมัยโอซิน 7% โทรโปนิน 3% และโปรตีนชนิดอื่นอีก 15% สารเคมีที่ไม่ใช่โปรตีน ส่วนมากละลายในน้ำ เช่น Creatine phosphate, Adenosine triphosphate, Adenosine diphosphate, Amino acid และ Lactic acid เป็นต้น พวก Adenosine triphosphate และพวก Creatine phosphate เป็นสาระสำคัญเพราะให้พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ส่วนสารประกอบคาร์โบฮัยเดรตที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อส่วนมากเป็นพวก Glycogen นอกจากนั้นก็มีพวก Lipids และเกลือแร่ เช่น พวกโปแตสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม แคลเซียม และคลอไรค์ สารเคมีที่เป็นโปรตีน นอกจากพวกโปรตีนโครงสร้างซึ่งได้แก่ แอคติน มัยชิน โทรโปมัยโอซินและโทรโปนินแล้ว ก็มีเอ็นซัยม์ที่เป็นตัว Catalyse ขั้นตอนของ Glycolysis

สมบัติทางด้านกลไกของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ปะปนกับเส้นใยโดยทั่วไป และเฉพาะที่ตั้งต้นกับที่เกาะกับกระดูกจะรวมตัวกันช่วยยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูกอีกด้วย พวกเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้เรียงตัวเป็นอนุกรมและขนาดกับเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัว พวกที่ 2 คือ Parallel element เมื่อกล้ามเนื้อยืดตัวเพราะถ่วงน้ำหนักจะเห็นว่ากล้ามเนื้อถูกยืดออกมานิดหน่อยเท่านั้น ทั้งนี้เพราะมี Elastic element ที่เรียงขนานส่วนที่ 3 คือ Elastic element ที่เรียงตัวแบบอนุกรม เมื่อเราตัดกล้ามเนื้อออกจากร่างกาย กล้ามเนื้อจะหดเข้าไปประมาณ 20% แม้ว่ากล้ามเนื้ออยู่ในสภาพพักก็ตาม เมื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อจะหดต่อไปอีกแต่หดไม่มาก เพราะมี Series elastic element ที่เรียงตัวแบบอนุกรมคอยดึงกล้ามเนื้อในทางตรงข้าม ปฏิกิริยานี้เปรียบได้กับรถไฟที่มีขบวนยาว ถ้าเราทำให้รถไฟเดินหน้ารถไฟจะดึงขวนให้เกิดการตึงตัวเสียก่อน แล้วจึงไปข้างหน้า ซึ่งในกล้ามเนื้อก็เหมือนกัน จุดที่เกิดการตึงตัวนั้นอยู่ที่ Cross bridges และที่ปลายของ Sarcomere ซึ่งรวมกับ Connective tissue และเอ็น ผลรวมของการดึง Series elastic element ที่ต่ออนุกรมให้ตึงตัว เรียกว่า Series compliance

การเปลี่ยนแปลงทางกลไก

ถ้าเราบันทึกการหดตัวของกล้ามเนื้อ Sartorius ของกบจะพบว่ามีการหดตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือระยะเตรียมตัว (Latent period) ระยะนี้เริ่มตั้งแต่จุดกระตุ้นจนถึงจุดรับสนองกินเวลา 0.02 วินาที ระยะต่อไปคือระยะหดตัวซึ่งกินเวลา 0.04 วินาที ระยะสุดท้ายคือ ระยะคลายตัว กินเวลา 0.16 วินาที ค่าที่กล่าวมานี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความยาวเดิมของกล้ามเนื้อ สภาพสิ่งแวดล้อม ชนิดของกล้ามเนื้อและอุณหภูมิเป็นต้น

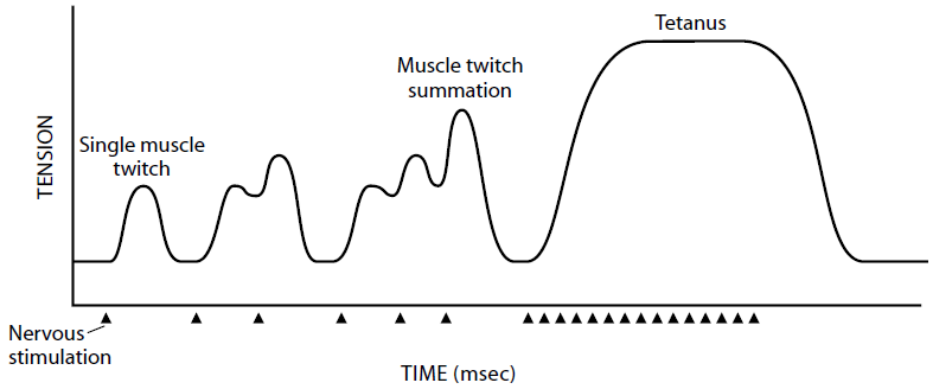
การหดตัวของกล้ามเนื้อ

1. การหดตัว Isotonic การหดตัวแบบนี้กล้ามเนื้อมีความยาวเปลี่ยนไป แต่แรงการหดตัวคงที่
2. การหดตัวแบบ Isometric การหดตัวแบบกล้ามเนื้อมีความยาวคงที่ แต่แรงการหดตัวเปลี่ยนไป

การรวมกันของการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Summation)

ในการกระตุ้นกล้ามเนื้อครั้งแรก ถึงแม้จะกระตุ้นด้วยไฟ Supra-maximal ก็ไม่ทำให้เส้นกล้ามเนื้อก่อนที่รับสนองทั้งหมด เพราะกล้ามเนื้อต้องมีการตึงตัวเสียก่อน เมื่อใช้ตัวกระตุ้นครั้งที่สองกระตุ้นกล้ามเนื้อก่อนที่จะมีการหดตัวครั้งที่หนึ่ง ยิ่งถ้าการกระตุ้น 2 ครั้ง ใกล้กันมาก การรวมตัวที่เกิดขึ้นยิ่งมาก ถ้ากระตุ้นหลายๆ ครั้งก็จะเห็นได้ว่า Elastic elements ที่เรียงตัวอนุกรมไม่ย่อยต่อไปอีก

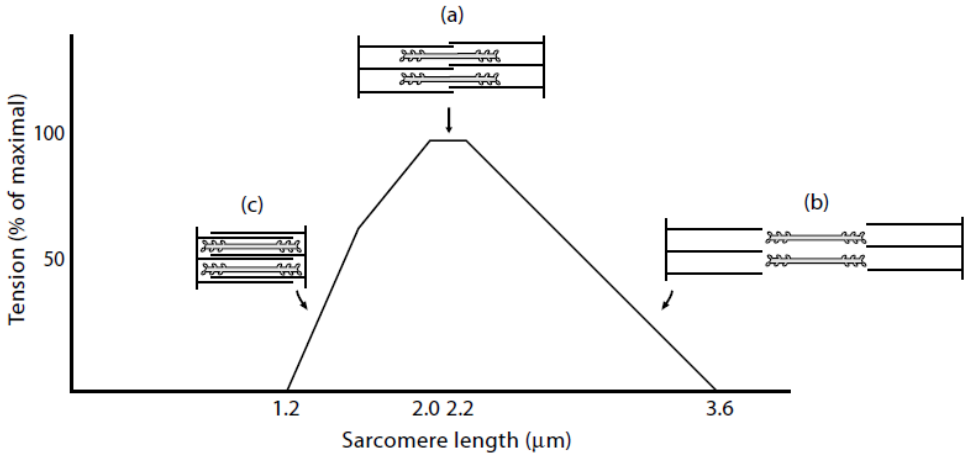
กล้ามเนื้อหดตัวเกร็ง เรียกภาวะนี้ว่า Tetanus การหดตัวเช่นนี้อาจมีความสูงมากกว่าการหดตัวธรรมดาถึง 4 เท่า



รูปภาพ 2 แสดงการรวมกันของการหดตัวของกล้ามเนื้อ (McCorry, 2004)

ความสัมพันธ์ของความยาวกล้ามเนื้อกับแรงหดตัว (Length-tension relationship)

ความยาวเดิมมีบทบาทกับการทำงานของกล้ามเนื้ออยู่มาก ขณะที่กล้ามเนื้ออยู่ในร่างกายจะมีความตึงตัวมากกว่าเมื่อถูกตัดออกมา หลังจากตัดออกมาแล้วกล้ามเนื้อหดสั้นลง 20% ความยาวของกล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างกายเรียกว่า ความยาวระยะพักหรือ L max และความยาวขนาดนี้จะมีการหดตัวสูงที่สุด



รูปภาพ 3 แสดงความสัมพันธ์ของความยาวกล้ามเนื้อกับแรงหด (McCorry, 2004)

ถ้าเรานำเอากล้ามเนื้อที่เป็นเส้นใยเดี่ยวมาบันทึกการหัดตัวแบบ Isometric แรงการหดตัวที่เกิดขึ้นเรียกว่า Total tension ส่วนแรกการดึงตัวขณะพักเป็น Passive tension ซึ่งจะเปลี่ยนตามน้ำหนักที่ใช้ถ่วงกล้ามเนื้อ ความยาวของกล้ามเนื้อจะยืดออกตามน้ำหนักที่ใช้ถ่วง แต่ไม่เป็นอัตราส่วนเดียวกัน คือระยะแรกที่ถูกถ่วงกล้ามเนื้อจะยืดยาวมาก แตะระยะหลังๆ แม้อัตราถ่วงเท่ากับครั้งแรก กล้ามเนื้อจะไม่ยืดออกเหมือนเดิม ระหว่างถ่วงน้ำหนักเป็นขั้นๆ ก็ใช้ตัวกระตุ้นกระตุ้นกล้ามเนื้อไปด้วย พบว่าระหว่างที่กล้ามเนื้อยืดยาวออกจนเท่ากับความยาวระยะพักจะให้แรงการหดตัวสูงที่สุด หรือมี Active tension สูงที่สุด Active tension นี้เป็นผลต่างระหว่าง Total tension กับ Passive tension active tension จะเริ่มน้อยลงๆ จนที่สุดเท่ากับน้ำหนักถ่วง คือยกน้ำหนักไม่ได้เลย ในระยะแรกที่ถ่วงน้ำหนักเราจะพบว่า Active tension เริ่มมากขึ้นๆ และมากที่สุดถ้าความยาวเดิม (Initial length) เท่ากับความยาวระยะพัก ฉะนั้นพอจะสรุปได้ว่ากำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อยืดยาวออก และจะสูงสุดเมื่อมีความยาวระยะพัก หลังจากนั้นลดลงค่อนข้างเร็ว จนในที่สุดไม่สามารถจะยกน้ำหนักได้

Length และ Tension relationship จะเปลี่ยนไปถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอีเล็คโทรไลท์ที่มีอยู่ในน้ำภายในเซลล์ เช่น การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมไอออนส์ Length tension relationship เป็นพื้นฐานของ Frank-Starling's law of the heart ทางคลินิกไม่สามารถวัดความยาวของ sarcomere ได้ ดังนั้นได้มีผู้ประมาณเอาว่าความยาวเดิมของกล้ามเนื้อหัวใจ คือ End diastolic pressure และ After load คือ Aortic pressure

ความสัมพันธ์ของแรงและความเร็วในการหดตัว (Force-velocity curve)

ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวช้า งานที่ทำก็มีมากและความร้อนที่เกิดขึ้นน้อย แต่ถ้าหดตัวเร็ว งานที่ทำก็น้อย ความร้อนที่เกิดจะมีมาก ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวแบบ Isometric แรงที่สูงที่สุดจะเกิดถ้าหากไม่มีการหดสั้นเลย แรงนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเบ็ดบีด Cross bridges ความเร็วของการหดตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่องานที่ทำน้อย Force velocity curve จะบอกถึงการยกน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักที่ยกเบสก็จะยกได้เร็วกว่าน้ำหนักมาก พลังงานที่ใช้ในการหดตัวกับการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนจะมีมากถ้าการหดตัวแบบ Isotonic แต่ถ้าหดตัวแบบ Isometric จะใช้พลังงานน้อยกว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นก็น้อย ความแตกต่างข้อหนึ่งของ Isotonic และ Isometric คือความร้อนที่เกิดจากการหดตัว (Heat of shortening)

นอกจากที่กล่าวแล้ว ผลการหดตัวของกล้ามเนื้อยังขึ้นอยู่กับความร้อนของสภาพแวดล้อมอีกด้วย จะเห็นว่าถ้าเราทดลองให้กล้ามเนื้อทำงานในอุณหภูมิต่ำ กล้ามเนื้อจะมีระยะเตรียมตัวยาว ระยะ

หดตัวและระยะคลายตัวก็เพิ่มขึ้น อย่างนักกีฬาที่ไปเล่นที่เมืองหนาว นักกีฬาจะรู้สึกว่าถ้าไม่มีการอบอุ่นร่างกายอย่างพอเพียงแล้ว เป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับกล้ามเนื้อ ทำให้เมตะบอลิสม์และความหนืด ฉะนั้นที่จะให้กล้ามเนื้อทำงานดีต้องให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะ

อีกประการหนึ่งที่อาจมีผลต่อกล้ามเนื้อ คือการเพลีย เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้ทำงานหนักติดต่อกันนานๆ กล้ามเนื้อจะลดความไวต่อการตอบสนอง ลดการสื่อนำและความไวในการหดตัว ถ้าให้พักสักครู่ภาวะนี้จะหายไป การเพลียเกิดจากการสะสมสารพวกคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติก กรดพัยรูวิด และการเพลียนี้เข้าใจว่าไม่ได้เกิดที่กล้ามเนื้อก่อน หากแต่เกิดที่ Myoneural junction เพราะเมื่อกระตุ้นโดยตรงที่กล้ามเนื้อ ก็เกิดการหดตัวได้ และเมื่อกระตุ้นประสาทก็ยังมีแอคชั่นโปแทนเชียล นอกจากการเพลียแล้วยังอาจเห็น Contracture อีกด้วย ภาวะเช่นนี้จะเห็นได้จากการทดลองโดยกล้ามเนื้อจะมีการหดตัวมากกว่าการคลายตัว ถ้ามีปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นแสดงว่าในไม่ช้าจะเกิดการเพลียขึ้น

2. องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกล้ามเนื้อ

ชาคีย์และกลาสกิล (2006) ได้แบ่งประเภทขององค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ดังนี้

ความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรง หมายถึง สามารถของการออกแรงสูงสุดได้ในครั้งเดียว ความแข็งแรงมีความจำเป็นต่อทุกชนิดกีฬาแต่มีความจำเป็นอย่างมากในกีฬาประเภทการยกน้ำหนักที่ต้องใช้ร่างกายเพื่อยก ขนย้ายหรือทุ่มน้ำหนักที่มาก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดหน้าตัดของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกด้วยแรงต้านสามารถช่วยให้จำนวนของเส้นใยที่จำเป็นในการใช้งานเพิ่มจำนวนมากขึ้น ซึ่งการฝึกด้วยแรงต้านช่วยเพิ่มขนาดของหน้าตัดของกล้ามเนื้อโดยการเพิ่มขึ้นของโปรตีนที่หดตัวได้ (Contractile protein) และทำให้ความแข็งแรงของการหดตัวเพิ่มขึ้น

พลัง (Power)

พลัง หมายถึง ความสัมพันธ์ของแรง ความเร็วและงาน อีกนัยหนึ่งคือ งานที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงอย่างเต็มที่อย่างรวดเร็ว พลังที่เกิดจาการเล่นกีฬาเกิดจากผลคูณของแรงคู ณกับความเร็ว ความแข็งแรงของนักกีฬามีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีความแข็งแรงอย่างเพียงพอเพื่อให้เกิดพลัง นักกีฬาควรฝึกฝนความแข็งแรงที่ความเร็วที่เหมาะสมในการแข่งขัน

งาน (Work) หมายถึง ผลคูณที่เกิดจากแรง (Force) คูณด้วยระยะทาง (Distance) แนวคิดการเข้าใจเรื่องของงานมีความสำคัญต่อการเข้าใจการเคลื่อนไหวขณะการฝึกซ้อมและแข่งขัน เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่า งานมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงกับพลัง

ความสัมพันธ์ของแรง,งาน,พลังและความเร็ว

งาน = แรง * ระยะทาง

พลัง = งาน / เวลา

ความเร็ว = ระยะทาง / เวลา

ดังนั้น

พลัง = (แรง * ระยะทาง) / เวลา = ความแข็งแรง * ความเร็ว

ความอดทนของกล้ามเนื้อและพลังอดทน (Muscular Endurance & Power Endurance)

ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance)

ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงพยายามที่กระทำได้อย่างซ้ำ ๆ กัน หรือการคงการหดตัวของกล้ามเนื้อ แม้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันก็ตาม แต่สมรรถภาพทางกายทั้งสองด้านนี้จะไม่เหมือนกัน

พลังอดทน (Power Endurance)

พลังอดทน หมายถึง ความสามารถในออกแรงได้ในเวลาชั่วขณะหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น กีฬาฟุตบอลในจังหวะการออกแรงเรื่อเตะบอล กีฬาเทนนิสในจังหวะในการตีลูกเพื่อโต้ตอบคู่ต่อสู้มีจำเป็นต้องการความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance) เนื่องจากเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (Short-put) กีฬามวยปล้ำเป็นชนิดกีฬาที่ต้องการพลังอดทนระดับปานกลาง เนื่องจากกีฬามวยปล้ำเป็นกีฬาที่มีการจำกัดเวลาในการแข่งขันจึงส่งผลให้กีฬามวยปล้ำต้องการพลังอดทนในระดับสั้นถึงปานกลาง (Medium-term power endurance) ซึ่งแตกต่างกับกับกีฬาประเภทปั่นจักรยานหรือวิ่งเนื่องจากมีการทำการเคลื่อนไหวเดิมซ้ำ ๆ แต่ความหนักไม่สูงมาก ซึ่งส่งผลให้ต้องการพลังอดทนในระยะยาว (Long-term power endurance) นอกจากนี้ในกีฬาปั่นจักรยานยังต้องการพลังกลามเนื้อที่ความหนักสูง (High intensity power endurance) ขณะปั่นจักรยานในบางช่วง เช่น การปั่นขึ้นเขา หรือการปั่นด้วยความรวดเร็วเข้าเส้นชัย การฝึกสมรรถภาพกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ควรฝึกการเพิ่มความสามารถในการสร้างพลังกล้ามเนื้อ

ร่วมกับการการฝึกระบบพลังงาน พลังอดทนในระยะยาว (Long-term power endurance) ควรพัฒนาความสามารถในการนำออกซิเจนมาใช้โดยเฉพาะความอดทนและการพักฟื้น ส่วนการพัฒนาความสามารถด้านพลังกลามเนื้อที่ความหนักสูงควรพัฒนาด้านการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิก

ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว (Reaction time, Quickness and Speed)

ปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time)

ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นจากสิ่งเร้าและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้นจากสิ่งเร้า ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี่อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทที่ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้า แล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างของกิจกรรมที่จำเป็นต้องอาศัยการมีปฏิกิริยาการตอบสนองที่ดี ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล เช่น การขับแข่งรถ การเริ่มออกตัวอย่างรวดเร็วในการวิ่งระยะสั้น เป็นต้น การพัฒนาปฏิกิริยาตอบสนองควรพัฒนาที่กระบวนการประมวลผลข้อมูลในนักกีฬา

ความไว (Quickness)

ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในระยะเวลาอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเล่ย์บอลมีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก องค์ประกอบของความไวประกอบด้วย การเรียนรู้ (Learned) การฝึกซ้อม (Trained) และพันธุกรรม (Genetic) ซึ่งถ้าหากองค์ประกอบองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งมีการพัฒนาจะส่งผลต่อการพัฒนาความไวได้

ความเร็ว (Speed)

ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดีเพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกลไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

การทรงตัว (Balance)

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียหลัก โซเซหรือวิ่งไม่ตรงทิศทางซึ่งเป็นความสามารถในการทางานประสานกัน ระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อในการทรงตัวแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ การทรงตัวอยู่กับในขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance) การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

ความอ่อนตัว (Flexibility)

ความอ่อนตัว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้อย่างอิสระเต็มตลอดช่วงระยะการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของข้อต่อนั้นได้อย่างสมบูรณ์ เช่น สามารถงอหรือบิดข้อต่อส่วนนั้นได้อย่างง่ายและสะดวก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการมีระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้มากหรือน้อยนั้นจะเกิดจากความยาวของกล้ามเนื้อ โครงสร้างของข้อต่อแต่ละแห่ง และปัจจัยด้านอื่น ๆ บุคคลที่ขาดการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่ประจำก็จะทำให้กล้ามเนื้อและเอ็นสั้นเข้าและกลายเป็นมีอาการแข็งตึงเกิดขึ้น ซึ่งทำให้เป็นอปสรรคขัดขวางระยะการเคลื่อนไหวของบริเวณโดยรอบข้อต่อและเป็นผลทำให้มีความอ่อนตัวลดลงในแต่ละบุคคลจะต้องการมีระดับความอ่อนตัวที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

ความคล่องแคล่วว่องไว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความทนทาน ของกล้ามเนื้อ พลังความทนทานของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น ก็จะส่งผลทาให้ความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นตามไปด้วย

3. การฝึกด้วยแรงดันอากาศ

เดวิดและคณะ อ้างถึงใน นภัส สังข์ทอง (2557) กล่าวว่า นิวแมททิค หมายถึง ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านที่มาจากลมจะมีลักษณะเหมือนกับแรงต้านที่มาจากยางยืด โดยอุปกรณ์แรงต้านจากลม (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยเดนนิส ไกเซอร์ ผู้ก่อตั้งเทคโนโลยีนิวแมททิค เรียกว่าเครื่องไกเซอร์ ได้ออกแบบเครื่องมือนี้ขึ้นทำให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่าการใช้ฟรีเวทเมื่อแรงต้านที่ให้เท่ากัน

สมการที่ 1

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

P คือ ความดันอากาศ (Air Pressure)

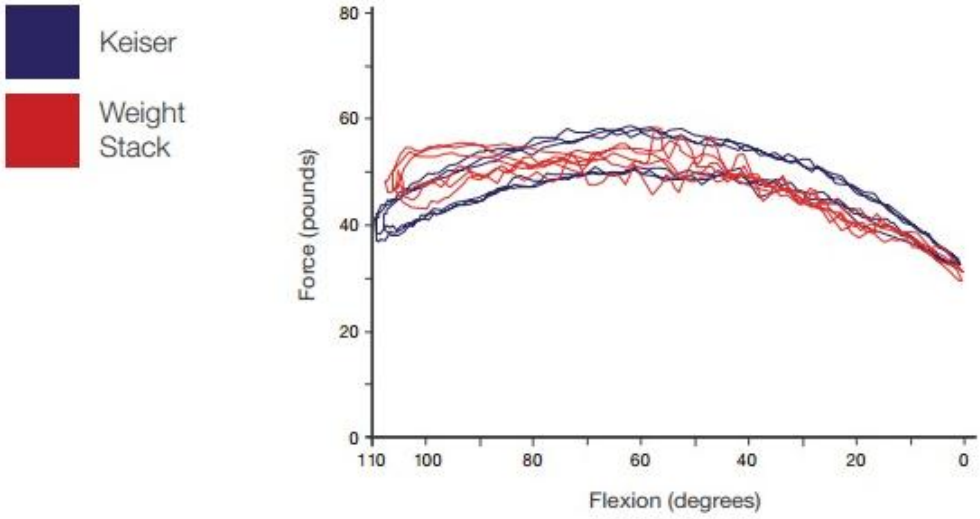
F (Pneumatic) คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)

A คือ พื้นที่ซึ่งอากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ความเร่ง และแรง (Acceleration and force)

เดวิดและคณะ อ้างถึงใน นภัส สังข์ทอง (2557) กล่าวว่า นอกจากข้อดีของมิวแมททิคยังถูกคิดมาจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ดังแสดงในสมการที่ 2 ($\sum$F=MA) ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิวแมนทิคจะใช้ความดันของอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท โดยที่แรงที่ใช้ในการออกแรงเท่ากัน (Applied force)

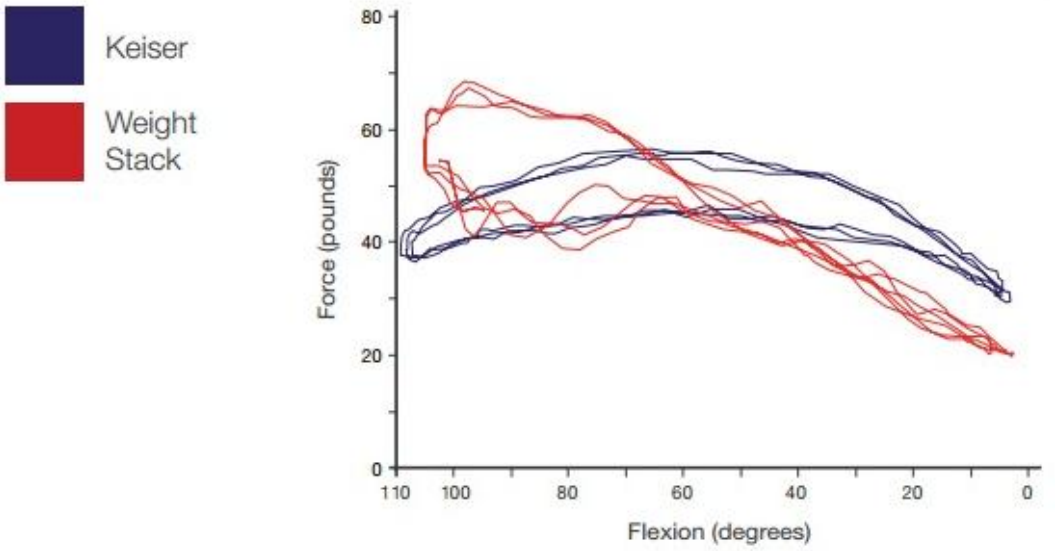
กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นที่มุมต่างๆของการฝึกด้วยเครื่องเตะขา (Leg-Extension) ระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight Stack) และการฝึกด้วยแรงดันอากาศ (Keiser)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

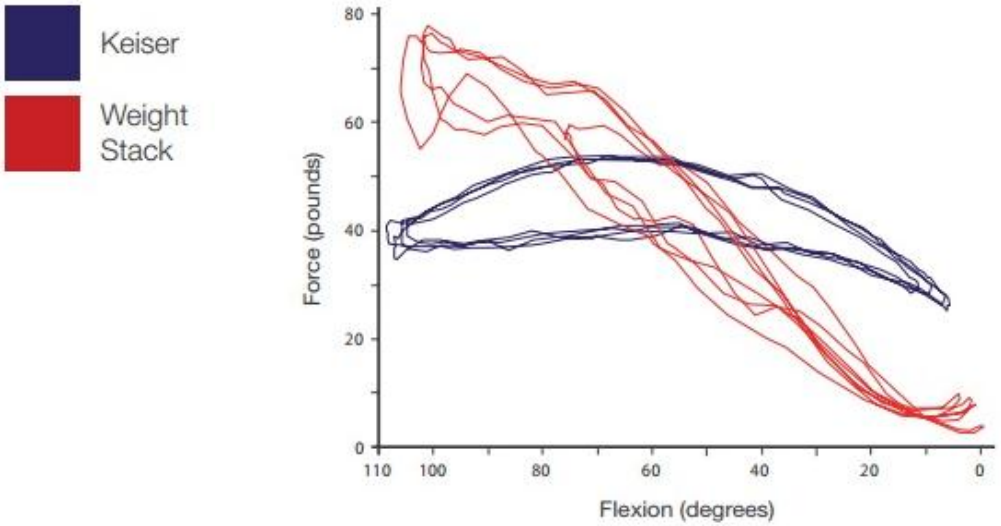
รูปภาพ 4 กราฟแสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 2 วินาที (Keiser Corporation, 2016)

แสดงการเตะขึ้น 2 วินาที และเตะลง 2 วินาที พบว่าช่วงแรกของการออกแรง เกิดแรงเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยในการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนัก ส่วนเครื่องที่ใช้แรงดันอากาศของ Keiser ไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลง



รูปภาพ 5 แสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 1 วินาที (Keiser Corporation, 2016)

จากภาพแสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นกว่ากราฟที่ 2 คือ เตะขึ้น 1 วินาที และลง 1 วินาที จะเห็นได้ชัดว่ากราฟของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนัก (Weight Stack) และแรงดันอากาศ (Keiser) มีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักจะเกิดแรงช่วงแรกมากขึ้นถึง 70%



รูปภาพ 6 แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็ว 0.5 วินาที (Keiser Corporation, 2016)

จากภาพแสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด โดยเตะขึ้น 0.5 วินาที และลง 0.5 วินาที กราฟของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักจะแตกต่างจากการฝึกด้วยแรงดันอากาศอย่างชัดเจน พิสูจน์ได้ถึงกฎของนิวตัน กล่าวคือ ช่วงแรกของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักนั้น เมื่อเริ่มยกแผ่นน้ำหนักจะต้องใช้

แรงอย่างมากเพื่อสร้างความเร่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความเร็วในการยกตามมา แต่ในช่วงหลังแรงต้านจะต่ำลงเมื่อแผ่นน้ำหนักเคลื่อนช้าลงจนหยุด ซึ่งตรงกันข้ามกับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าผู้ใช้จะฝึกด้วยความเร็วที่มากขึ้นแค่ไหน แรงที่เกิดขึ้นจะมากที่สุดที่มุม 60-70 องศา ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมต่อการฝึก และลดอาการบาดเจ็บจากการฝึกที่มีความเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากในการฝึกนักกีฬา

การฝึกแรงต้านในปริมาณมากจะทำให้เกิดอันตรายต่อข้อต่อและเอ็นได้ง่าย ทำให้การฝึกเพื่อให้ได้ความเร็วสูงๆนั้นเป็นอันตรายอย่างมาก แต่สำหรับการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศนั้นทำให้กล้ามเนื้อออกแรงอย่างมากแต่จะปลอดภัยกับข้อต่อและเอ็น เพราะปราศจากแรงกระแทก จึงเป็นผลดีต่อการออกกาลังกายของผู้สูงอายุ ผู้ที่ต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายจากการได้รับบาดเจ็บ ให้หายได้ในระยะเวลาอันสั้น เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศจึงเป็นอีกเทคโนโลยีที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการฝึกและการออกกำลังกายได้

4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย 6 ปัจจัย ดังนี้

การเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อจะมีแรงในการหดตัวมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่การเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดของมัดกล้ามเนื้อกล่าวคือ กล้ามเนื้อที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากจะมีแรงในการหดตัวมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อย เช่นกล้ามเนื้อ Bicep จะมีการเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อขนานไปกับความยาวของกล้ามเนื้อจะมีแรงในการหดตัวน้อยกว่ากล้ามเนื้อที่มีการเรียงตัวแบบขนนก เช่น กล้ามเนื้อ Gastrocnemius เป็นต้น

ความเมื่อยล้า

ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจะทำให้ลดความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้า ซึ่งจะเป็นผลทำให้กำลังการหดตัวมีน้อยลง

อุณหภูมิ

การหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีประสิทธิภาพได้ดีต้องอาศัยอุณหภูมิที่พอเหมาะหรือการอบอุ่นร่างกาย ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อมีการอบอุ่นร่างกาย อุณหภูมิในร่างกายจะสูงขึ้นกว่าปกติเมื่อเทียบกับขณะพัก และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเพื่อสร้างพลังงานที่จะนำมาใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อัตราการไหลเวียนของโลหิตสูงขึ้นทำให้สามารถนำสารอาหารและฮอร์โมนต่างที่จำเป็นต่อการสร้าง ATP และการรับของเสียที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งไปยังอวัยวะที่ทำหน้าที่กำจัดของเสียนั้นได้เร็วยิ่งขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นยังทำให้ความหนืดของกล้ามเนื้อ (Muscle Viscosity) ลดน้อยลง ซึ่งทำให้แรงต้านทานการหดตัวมีน้อย อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปจะไม่เป็นผลดีต่อการทำงานของร่างกาย เพราะจะทำให้เอ็นไซม์ไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ อุณหภูมิที่ร้อนมากอาจไปทำลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ

ปริมาณของสารอาหารที่จะเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในร่างกาย

เมื่อใดก็ตามที่แหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในร่างกายเพื่อใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น Phosphocreatin และ Glycogen เริ่มลดน้อยลงหรือหมดไป จะทำให้กำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง

ระดับของการฝึก

กล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกอยู่เป็นประจำย่อมที่จะมีกำลังการหดตัวสูงกว่ากล้ามเนื้อที่ไม่ได้รับการฝึก ทำให้นักกีฬาจำเป็นที่จะต้องมีการฝึกกล้ามเนื้ออยู่เสมอ แม้กระทั่งหลังจากได้รับการบาดเจ็บจากการแข่งขันเป็นเวลาไม่นานนักกีฬาจะต้องเข้าสู่โปรแกรมฟื้นฟูสภาพ(Rehabilitation หรือ Reconditioning Program) คือ การฝึกเพื่อให้หายจากการบาดเจ็บและกลับสู่สภาพสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ ในโปรแกรมนี้นักกีฬาจะต้องพักรักษาตัวและออกกำลังกายอย่างเหมาะสมเพื่อป้องการกันการบาดเจ็บ และเมื่อสิ้นสุดโปรแกรมนักกีฬาก็จะสามารถลงแข่งขันหรือฝึกซ้อมด้วยสภาพกล้ามเนื้อที่สมบูรณ์

การพักระหว่างฝึก

หากการออกกำลังกายเป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดพักจะทำให้กำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อค่อยๆลดลง เพราะแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงในขณะที่ของเสียนั้นมีมากขึ้น ดังนั้นหากมีการพักระหว่างฝึกสักเล็กน้อยเพื่อให้ร่างกายได้ทำการขนส่งของเสียที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีออกจากกล้ามเนื้อ จะทำให้เกิดผลดีต่อการออกกำลังกาย ทั้งนี้อิทธิพลของอายุ

และเพศก็มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงในวันหนึ่งๆจะอยู่ในช่วง 10-20% จากความแข็งแรงปกติ คนเราจะมีความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อในช่วงอายุ 20-30 ปีหลังจากนั้นความแข็งแรงจะเริ่มลดลง ความแข็งแรงสูงสุดของคนที่มีอายุ 65 ปี จะอยู่ราว 80% ของความแข็งแรงที่เคยมีระหว่างอายุ 20-30 ปี และความแข็งแรงที่ลดลงจะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อขาและลำตัวเร็วกว่ากล้ามเนื้อแขน การมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับกิจกรรมที่เราปฏิบัติในชีวิตประจำวัน พบว่า ในช่วงอายุประมาณ 12 ปี เพศหญิงจะมีความแข็งแรงเทียบเท่าหรือดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเพศชายในอายุเท่ากัน แต่ระหว่างอายุ 12-18 ปีนั้นพัฒนาการในเรื่องความแข็งแรงในเพศชายนั้นมีมากกว่าเด็กหญิงมากเมื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของขนาดตัวด้วย ความแข็งแรงที่เพศชายเริ่มมีมากกว่าเพศหญิงในระยะวัยรุ่นก็อาจเป็นเพราะอัตราการผลิตฮอร์โมนเพศที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งฮอร์โมน Testosterone

5. พื้นฐานการฝึกความแข็งแรง

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ระบุความหมายของการฝึกความแข็งแรงพื้นฐาน (Strength Training Basics) ด้วยการยกน้ำหนักในที่นี้เน้นประสิทธิผล (Effective) และประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึก (Efficient Exercise Program) รวมทั้งความปลอดภัยเพื่อนำไปสู่การ พัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Muscular Fitness) ด้วยเหตุนี้ ความสำคัญประการแรก ของการฝึกยกน้ำหนัก ที่ควรจะต้องคำนึงถึง คือ ความปลอดภัยโดยมี แนวทางปฏิบัติ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

การเลือกท่ากายบริหารในการฝึก (Exercise Selection)

เพื่อลดปัญหาความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และเพื่อให้เกิดความสมดุล ในการพัฒนากลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานร่วมกัน โดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก ที่ควรได้รับการพัฒนาความแข็งแรง ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)
- กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings)
- กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Low Back)
- กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Abdominals)
- กล้ามเนื้ออก (Chest)

- กล้ามเนื้อหลังส่วนบน (Upper Back)
- กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulders)
- กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps)
- กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps)

ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อโครงสร้างสำคัญ ของการเคลื่อนไหวร่างกาย นอกจากนี้ ควรพัฒนาความแข็งแรง กลุ่มกล้ามเนื้อที่ช่วยสนับสนุน การเคลื่อนไหวร่างกายให้สมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย ได้แก่

- กล้ามเนื้อน่อง (Calves)
- กล้ามเนื้อหน้าแข้ง (Shins)
- กล้ามเนื้อสะโพก (Hip Adductors / Hip Abductors)
- กล้ามเนื้อลำตัวด้านข้าง (Right Obloquies / Left Obloquies)
- กล้ามเนื้อต้นคอ (Neck Flexors / Neck Extensors)
- กล้ามเนื้อสะบักหลัง (Trapeziums)

การฝึกความแข็งแรงให้กับกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก (Major Muscle Groups) ดังกล่าว มีความสำคัญ และจำเป็นยิ่งต่อการเคลื่อนไหวร่างกายโดยส่วนรวม ส่วนการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อย่อย ที่ช่วยสนับสนุนการเคลื่อนไหว จะช่วยเพิ่มความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การฝึกกล้ามเนื้อเพียงบางกลุ่ม หรือเพียงส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย จะส่งผลให้การเคลื่อนไหวร่างกาย โดยส่วนรวมขาดความสมดุลอันจะเป็นสาเหตุนำไปสู่การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ (Muscle Injuries) ในเวลาต่อมา ยิ่งกล้ามเนื้อแต่ละมัดมีสภาพความแข็งแรง แตกต่างกันมากเท่าใด ความผิดปกติของโครงร่าง การเสี่ยงต่อปัญหาการบาดเจ็บ และการขาดความสมดุลในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ยิ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงมากเท่านั้น

ความถี่ หรือความบ่อยครั้งในการฝึก (Frequency)

ส่วนใหญ่การฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ จะได้รับการตอบรับว่า เหมาะสมที่สุด เช่น ฝึกวันจันทร์-วันพุธ-วันศุกร์ หรือฝึกวันอังคาร-วันพฤหัส-วันเสาร์ เป็นต้น การฝึกที่กระทำบ่อยครั้งมากเกินไป จะมีผลทำให้คุณภาพ หรือประสิทธิภาพของการฝึกลดต่ำลง

ระยะเวลาในการฝึก (Duration)

อุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่ง ของการฝึกความแข็งแรง คือ ความยาวนานของระยะเวลาในการฝึก (The amount of time) ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกส่วนมากต้องการผลตอบแทนอย่างคุ้มค่า กับเวลาที่เสียไป ไม่ว่าจะเป็นนักเพาะกายเพื่อแข่งขัน นักยกน้ำหนัก หรือนักกีฬาประเภทต่างๆ ซึ่งมักจะทุ่มเวลาให้กับการฝึกซ้อม ในประเภทกีฬาของตนอย่างหนัก โดยหวังที่จะพัฒนาศักยภาพ ในเชิงกีฬาให้ดียิ่งขึ้น แต่มีเวลาเพียงส่วนน้อย ที่ทุ่มเทให้กับการพัฒนาความสมบูรณ์ ทางด้านความแข็งแรง เพื่อรองรับกับการพัฒนาความก้าวหน้า ทางด้านเทคนิคทักษะ เช่นเดียวกับการพัฒนาระบบการทำงานแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งปกติใช้ระยะเวลาในช่วง 20-30 นาที ก็เพียงพอที่จะกระตุ้นให้คนทั่วไป มีสุขภาพร่างกายที่สมบูรณ์แข็งแรงได้ แต่ในนักกีฬา อาจจะต้องใช้เวลา และระดับความหนักที่มากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการ และความจำเป็นในการใช้ออกซิเจน ของแต่ละประเภทกีฬาในการพัฒนาศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ การกระตุ้นให้กล้ามเนื้อต้องหดตัว กระทำกับความต้านทาน ที่มีความหนัก หรือมีความกดดันพอเพียง หรือเหมาะสม อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลาประมาณ 60-90 วินาที ด้วยการยกน้ำหนักเป็นจังหวะต่อเนื่องช้าๆ จำนวน 8-12 ครั้งต่อเซต การกระตุ้นความแข็งแรงด้วยการฝึกในลักษณะดังกล่าวนี้ หลายเซตไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใด แต่ไม่ใช่วิธีการในลักษณะดังกล่าวนี้ หลายเซตไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใด แต่ไม่ใช่วิธีการที่ต้องการ สำหรับการฝึก เพื่อพัฒนาความแข็งแรงให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ดังนั้น การฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่สำคัญ (Major Muscle Groups) สำหรับคนทั่วไปด้วยการยกน้ำหนัก ที่มีความต้านทานหรือความหนักที่ก่อให้เกิดความกดดันอย่างพอเพียง (Adequately Stressed) จำนวน 8-12 ครั้งต่อเซต เพียงเซตเดียว ก็เป็นการเพียงพอ สำหรับนักกีฬาควรฝึกอย่างน้อย 2-3 เซตหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับระดับความแข็งแรง ที่ต้องการในแต่ละประเภทกีฬา จากเหตุผลดังกล่าวนี้ หากใช้เวลาปฏิบัติการยกจำนวน 8-12 ครั้งต่อเซต ประมาณ 60-90 วินาที ในการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อหลักแต่ละกลุ่มเมื่อทำการฝึกครบทั้ง 9 กลุ่มจะใช้เวลาประมาณ 9-14 นาที และถ้าใช้เวลาพักระหว่างการฝึกแต่ละท่ากายบริหาร อีกประมาณ 60-90 วินาที รวมกันแล้ว จะใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้ง (Work out) ประมาณ 18-28 นาที ซึ่งเป็นการลงทุนที่ได้ผลคุ้มค่ามากที่สุด สำหรับคนทั่วไปที่ต้องการพัฒนาสุขภาพให้แข็งแรงในส่วนของนักกีฬา อาจจะต้องใช้เวลาในการฝึกเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1-2 เท่า ของคนทั่วไป เนื่องจากนักกีฬาต้องการความแข็งแรง ในระดับที่มากกว่าหรือสูงกว่าคนทั่วไป

ความหนักในการฝึก (Intensity)

การใช้ความหนักในการฝึกที่เหมาะสม หมายถึง ในแต่ละท่ากายบริหารที่ฝึก ผู้เข้ารับการฝึกสามารถปฏิบัติได้ไม่น้อยกว่า 8 ครั้ง และไม่มากกว่า 12 ครั้งต่อเซต

ความเร็วในการปฏิบัติ หรือการยกแต่ละครั้ง (Movement Speed)

ความเร็วในการปฏิบัติการเคลื่อนไหว หรือการยกน้ำหนักในแต่ละท่ากายบริหาร จะมีความหลากหลาย หรือแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งแนวทางที่ควรใช้เป็นเกณฑ์ ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม คือ ยกหรือปฏิบัติด้วยความเร็ว 60 องศาต่อวินาที และเนื่องจากท่ากายบริหารยกน้ำหนักส่วนมาก ใช้ระยะ หรือมุมการเคลื่อนไหวประมาณ 120 องศา ดังนั้น ในการยกหรือการออกแรงเคลื่อนไหวน้ำหนักแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 2 วินาที นอกจากนี้ เมื่อสิ้นสุดระยะการเคลื่อนไหวในการยกควรหยุดนิ่งช่วงระยะเวลาสั้นๆ จากนั้นจึงค่อยๆ เคลื่อนไหวน้ำหนักกลับสู่ท่าเริ่มต้นอย่างช้าๆ โดยใช้เวลาประมาณ 4 วินาที

ระยะของการเคลื่อนไหวในการยกน้ำหนัก (Range of Motion)

ในแต่ละท่าหายบริหารที่ฝึก ควรเริ่มต้นด้วยการใช้น้ำหนักเบา หรือน้ำหนักที่เหมาะสม กับความแข็งแรงของผู้เข้ารับการฝึก และกล้ามเนื้อสามารถหดตัว เคลื่อนไหวน้ำหนักได้เต็มระยะ ต่อจากนั้น พยายามที่จะรักษารูปแบบการเคลื่อนไหวให้คงไว้ ด้วยการค่อยๆ ปรับความต้านทาน หรือน้ำหนักในการฝึกเพิ่มขึ้น ทีละเล็ก ละน้อย ตามลำดับ

ความก้าวหน้าในการฝึก (Progression)

พัฒนาการ หรือความเปลี่ยนแปลงในการปรับเพิ่มความต้านทาน หรือน้ำหนักในการฝึก ไม่ควรรีบร้อน หรือเร่งรัดเกินไป การปรับเพิ่มความหนักควรปรับทีละน้อย และต้องแน่ใจว่า ผู้เข้ารับการฝึกสามารถปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์ และท่าทางการเคลื่อนไหว มีความมั่นคง ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และการทรุดโทรมของสภาพร่างกายด้วย ควรเพิ่มความต้านทาน หรือน้ำหนักขึ้น 5% ของน้ำหนักที่สามารถยกได้สมบูรณ์

ความต่อเนื่องในการฝึก (Exercise Continuity)

จะมีผลช่วยให้ขบวนการเผาผลาญ และผลิตพลังงานของร่างกาย ยังคงสภาพการทำงานอยู่ในระดับสูง ซึ่งจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการฝึกแต่ละครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การพักระหว่างท่ากายบริหารยกน้ำหนัก แต่ละท่า ไม่ควรนานเกินกว่า 60-90 วินาที

แนวทางปฏิบัติในการฝึกด้วยน้ำหนัก ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งหมดนี้ เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นเข้ารับ การฝึกความแข็งแรงด้วยการยกน้ำหนัก ทุกคนที่สามารถนำไปใช้จัดโปรแกรมการฝึกเสริมสร้าง และพัฒนาความแข็งแรงกล้ามเนื้อ ให้กับตนเอง ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะในการปฏิบัติ เน้นความถูกต้อง และความปลอดภัยเป็นสำคัญ มากกว่าการที่จะพยายามเร่งรีบ ในการปรับเพิ่มความหนัก หรือน้ำหนักให้สูงขึ้น ซึ่งถ้าหากผู้เข้ารับการฝึก พยายามยึดถือและปฏิบัติแนวทางที่กล่าวไว้ การฝึกความแข็งแรงด้วยการยกน้ำหนัก จะสามารถพัฒนาความแข็งแรงของท่าน ไปสู่ความสมบูรณ์แข็งแรงสูงสุดได้ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย หรือทำให้ร่างกายทรุดโทรม แต่อย่างใด

6. การฝึกแรงต้านแบบกับความเร็วที่แตกต่างกัน

เพอราและโกเมส (2003) ได้ศึกษาการฝึกแรงต้านด้วยความเร็วที่แตกต่างกันสามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

การฝึกด้วยเครื่องมือ Isokinetic

ความแข็งแรงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการใช้เครื่องมือ Isokinetic ซึ่งความแข็งแรงเป็นตัวแทนที่แสดงถึง ค่าทอร์คสูงสุด คือ ค่า torque สูงสุดเป็นผลมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อตลอดการเคลื่อนไหวและ ค่า Angle-specific torque คือ ค่า torque มุมของข้อต่อ ณ มุมใดมุมหนึ่งของช่วงการเคลื่อนไหว (Torque produced at a specific joint angle of the range of motion) ซึ่งมีหน่วยเป็น N.m. การฝึกการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำการการฝึกและทำการวัดผลโดยเครื่อง Isokinetic นั้นไม่มีการแบ่งความเร็วที่แน่นนอนจากการทบทวนวรรณกรรมจึงมีการกำหนดให้ช่วงความเร็วที่ 20-96°/วินาที เป็นการเคลื่อนไหวแบบช้าและช่วงความเร็วที่ 100-300°/วินาทีเป็นการเคลื่อนไหวแบบเร็ว การเรียนรู้จากการปรับตัวของเซลล์ประสาทส่งผลให้ค่า Torque มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน เนื่องจากกาศึกษาของความเร็วที่แตกต่างทั้งช้าและเร็วต่างก็ส่งผลให้ค่า Torque เพิ่มขึ้นเช่นกัน

การฝึกด้วยเครื่องมือ Hydraulic และแรงต้านจากอากาศ

เครื่องมือ Hydraulic เป็นเครื่องมือที่ไม่มีผลของน้ำหนักมาเกี่ยวข้องเช่นเดียวกับ Isokinetic เนื่องจากอาศัยของเหลวทำให้เกิดแรงต้านซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนที่ ซึ่งการฝึกที่มีความเร็วของการฝึกเข้ามาเกี่ยวข้องจากเครื่องมือ Hydraulic นั้นยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดเนื่องจากไม่สามารถควบคุม

ความเร็วที่ชัดเจน การฝึกแรงต้านด้วยความเร็วสูงเปรียบเทียบกับช้าไม่มีความแตกต่างกันในด้านของการเพิ่มความแข็งแรงแต่ในด้านพลังกล้ามเนื้อ กลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงมีค่าการเพิ่มขึ้นที่มากกว่า

การฝึกด้วยเครื่องมือ Isotonic

แม้ว่าการฝึกด้วยเครื่องมือ Isotonic จะเป็นที่แพร่หลายแต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีการใช้วิธีวัดผลที่แตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อปรากฏอย่างชัดเจนในการฝึกด้วยเครื่องมือ Isotonic ณ ความเร็วที่แตกต่างกัน ความเร็วที่เฉพาะเจาะจงมีการตอบสนองต่อการฝึกที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกล้ามเนื้อและโครงสร้างกล้ามเนื้อ ระบบคานของกล้ามเนื้อหรือแม้กระทั่งการวางตัวตามแนวของความเร็วซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของกล้ามเนื้อและพบว่าการฝึกด้วยแรงต้านที่มีน้ำหนักเบาจะมีความเร็วของการเคลื่อนไหวที่เร็วนั้นแตกต่างกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีน้ำหนักมากจะส่งผลให้ความเร็วในการฝึกเคลื่อนไหวได้ช้า ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถจัดการและควบคุมความเร็วขณะทำการฝึก

การหดและยืดของกล้ามเนื้อ

การยืดตัวของกล้ามเนื้อและการหดตัวของกล้ามเนื้อแสดงที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ สังเกตได้จากการล้าของกล้ามเนื้อและการเสียหายของกล้ามเนื้อหลังจากการออกแรงซ้ำ และการฝึกเพื่อนำไปสู่การปรับตัวเพื่อความแข็งแรงด้วยความเร็วที่ต่างกันต่างส่งผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันและการฝึกด้วยความเร็วที่แตกต่างมีอิทธิพลต่อความเฉพาะเจาะจงของการทำงานของกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. กลไกการตอบสนองต่อการฝึกด้วยความเร็ว

เบ็มห์และเซล (1993) ได้ศึกษากลไกการที่ตอบสนองต่อการฝึกด้วยความเร็วด้านกล้ามเนื้อและระบบประสาท ดังนี้

การปรับตัวของกล้ามเนื้อ

การปรับตัวคุณสมบัติของการหดตัว

การปรับตัวจากความเร็วที่เฉพาะเจาะจงนั้นเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของแรงตึงตัวและการพัฒนาอัตราของแรงตึงตัว อย่างไรก็ตามการเคลื่อนไหวขณะทำการฝึกส่งผลต่อการเพิ่มความเร็วของการหดตัวสูงสุด การเพิ่มขึ้นของแรงบิดและการพัฒนาแรงตึงตัวและส่งผลเล็กน้อยต่อการเพิ่มขึ้นของค่าทอร์ก โดยการเคลื่อนไหวแบบบอลลิสติก (Ballistic movement) เป็นผลมาจากการหดตัวแบบ

ความตึงตัวของกล้ามเนื้อคงที่และการหดตัวแบบการเคลื่อนไหวตลอดช่วงคงที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยที่ความเฉพาะเจาะจงของความเร็วส่งผลต่อความเร็วของค่าทอร์กซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของการฝึก

การขยายตัวของขนาดกล้ามเนื้อ

การขยายตัวของขนาดกล้ามเนื้อเป็นผลของการฝึกด้วยแรงต้าน การปรับตัวของขนาดกล้ามเนื้อในอดีตนั้นเชื่อว่าจะส่งผลให้ความอ่อนตัวและความเร็วในการเคลื่อนที่ลดลง ต่อมามีการพบหลักฐานจากการศึกษาในช่วงสั้นๆปฏิเสธต่อแนวคิดข้างต้นแต่ในการศึกษาระยะยาวนั้นพบว่าการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อนั้นมีผลแทรกซ้อนต่อความเร็วในการเคลื่อนไหว สรุปได้ว่า การขยายตัวของขนาดกล้ามเนื้อนั้นทำให้ความเร็วสูงสุดของการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงเนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของมุมของเส้นใยกล้ามเนื้อ

การเปลี่ยนรูปแบบของลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ

การฝึกความแข็งแรงในมนุษย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชนิดของเส้นใยจากความเร็วในการหดตัว การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการออกแรงของเส้นใยกล้ามเนื้อ นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อแบบ Type ll การเปลี่ยนแปลงความเฉพาะเจาะจงของความเร็วในการกระตุ้นระบบประสาทจึงส่งผลโดยตรงต่อลักษณะของกล้ามเนื้อ

อิทธิพลของการกระตุ้นระบบประสาท

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

จากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของการกระตุ้นหน่วยยนต์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียแรงหรือค่าทอร์กต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็ว เมื่อเปรียบเทียบการพัฒนาของแรงระเบิดจะส่งผลให้ค่าที่อ่านได้จากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากการกระตุ้นหน่วยยนต์ แต่การพัฒนาความแข็งแรงนั้นค่าที่อ่านได้จากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังจากการกระตุ้น สรุปได้ว่าการกระตุ้นของหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วถูกเลือกให้ใช้ในการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูง

การเลือกกระตุ้นของหน่วยยนต์

การเคลื่อนไหวที่รวดเร็วมีความจำเป็นต้องเลือกการกระตุ้นหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่วนหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะใช้เวลานานในการไปสู่แรงตึงตัวสูงสุดและใช้เวลานานในการฟื้นตัวเมื่อเทียบกับการหดตัวเร็ว หลักการของขนาดเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง ในแนวคิด

การเลือกกระตุ้นของหน่วยยนต์ เนื่องจากขนาดของของกล้ามเนื้อมีผลโดยตรงต่อการระดมหน่วยยนต์ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การเลือกกระตุ้นของกล้ามเนื้อ

ลักษณะการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานโดยที่จะมีการระดมหน่วยยนต์ของของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจากปลายเข้าสู่แกนกลาง รูปแบบการเคลื่อนไหวแบบร่วมที่พบในทางการกีฬามีลักษณะที่แตกต่างกันของชนิดการหดตัวและการรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อต่อต้องอาศัยการระดมการประกอบกันของแบบแผนที่สมบูรณ์

การเกิดขึ้นในเวลาเดียวดัน

เป็นการระดมหน่วยยนต์ในเวลาเดียวกันตั้งแต่ 2 หน่วยยนต์ขึ้นไป ซึ่งพบเมื่อกล้ามเนื้อมีอาการล้าอันเนื่องมาจากความแตกต่างกันของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของการเกิดในช่วงเวลาเดียวกันไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นแรงหรืออัตราการพัฒนาแรงเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการหดตัวสูงสุด

การหดตัวอย่างรวดเร็ว

การฝึกด้วยความเร็วสูงนั้นส่งผลให้เกิดการหดตัวอย่างรวดเร็วจากการสั่งของระบบประสาทนำไปสู่การศึกษาเกี่ยวกับการฝึกที่มุ่งเน้นด้านความเร็วของการเคลื่อนไหวมากกว่าความเร็วของการหดตัว

ความถี่ของการกระตุ้นหน่วยยนต์

วิธีการพัฒนาความตึงตัวของแต่ละกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับแต่ละกล้ามเนื้อ ซึ่งแรงในการหดตัวสามารถควบคุมได้โดยการระดมหน่วยยนต์โดยไม่ขึ้นอยู่กับระดับของความแข็งแรง ซึ่งความสามารถในการระดมหน่วยยนต์และความถี่ของการกระตุ้นหน่วยยนต์สามารถเพิ่มแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อได้และการฝึกด้วยความเร็วสูงสามารถเพิ่มอัตราของการพัฒนาแรงตลอดจนสามารถเพิ่มความถี่ในการหดตัวได้

การหดตัวร่วมของกล้ามเนื้อตรงข้าม

การหดตัวของกล้ามเนื้อตรงกันข้ามส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งขนาดของกล้ามเนื้อตรงข้ามก็ยังเป็นปัจจัยร่วมไม่ว่าจะเป็นในด้านของน้ำหนัก ความเร็วของการเคลื่อนไหว องศาการเคลื่อนไหว ความแม่นยำของการเคลื่อนไหว ความเร่ง รวมไปถึงลักษณะของการหดตัวก็ส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนไหวเช่นกัน

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โลเปสและคณะ (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของความเร็วของการหดตัวช้าและเร็วในการฝึกด้วยแรงต้านของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนบนโดยท่า Bench press และ Incline bench press รวมถึงวิเคราะห์เวลาในการฟื้นฟูความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายในกลุ่มชายที่ทำการฝึกด้วยแรงต้าน โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน โดยกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านโดยให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วใช้ความเร็วในการหดตัวที่ 1.5 วินาที ส่วนกลุ่มที่ฝึกด้วยแรงต้านแบบกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้าใช้ความเร็วที่ 6 วินาที โดยพักระหว่างการฝึกชุดละ 50 วินาทีและพักระหว่างท่า ท่าละ 2 นาที โดยทำการฝึกท่าละ 12 ครั้ง 4 ชุด โดยทำการทดสอบ 1RM เป็นค่าพื้นฐาน และทำการวัดการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย 96 ชั่วโมง พบว่า ผลจากการฝึกแบบให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วมีการเพิ่มขึ้นของ 1RM สูงกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบหดตัวช้า และการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ฝึกแบบกล้ามเนื้อหดตัวเร็วลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการฝึกแบบให้กล้ามเนื้อหดตัวช้า

มาเควสและคณะ (2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านแบบความเร็วตาม (Velocity-Based resistance training) กับความหนักปานกลางจำนวนครั้งน้อยร่วมกับการกระโดดและวิ่ง ในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนสามรุ่นอายุ โดยแบ่งเป็น U-16 17 คน กลุ่ม U-18 16 คน เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม U-21 11 คน เป็นเวลา 26 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบ ความเร็วของการวิ่ง 20 เมตร การกระโดดสูง การหาความแข็งแรงสูงสุดด้วยท่าสควอท และการทดสอบความสามารถทางแอโรบิค พบว่า ความสามารถในการกระโดดสูงของกลุ่มทดลอง(U-16,U-18)เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มควบคุม (U-21) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง การทดสอบความแข็งแรงด้วยท่าสควอทมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการวิ่ง 20 เมตรและความสามารถทางแอโรบิคไม่มีการเปลี่ยนแปลง การฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วร่วมกับน้ำหนักปานกลางส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลระดับเยาวชน

บลานโคและคณะ ปี 2014 ได้ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วในกลุ่มชายสุขภาพดี โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกด้วยท่าสควอทด้วยความเร็วของความสามารถขณะกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด จำนวน 10 คน และกลุ่มที่ 2 ทำการฝึกด้วยท่าสควอทด้วยความเร็ว 50% ของความสามารถขณะกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด จำนวน 11 คน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเผาผลาญพลังงานแบบฉับพลันและกลไกการเกิดการเผาผลาญ

พลังงาน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายหลังจากการฝึก พบว่า มีการพัฒนาด้านตัวแปรที่วัด ได้แก่ ความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่มีการฝึกด้วยความเร็วสูงสุด แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบวิ่งระยะ 20 เมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของท่าสควอท การศึกษาระบบเผาผลาญ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของแลกเตทในเลือดและแอมโมเนีย ระดับการเผาผลาญอยู่ในระดับต่ำและปานกลางทั้งสองกลุ่ม

กฤตมุข หล่าบรรเทา ปี 2554 ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 51 คน ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนร่างกาย ก่อนการแบ่งเข้ากลุ่มทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้งสามกลุ่มฝึกที่ความหนัก 85% ของ 1 RM กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% และกลุ่มทดลองที่ 3 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยน้ำหนักที่ 85% เหมือนกัน ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่าง กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างกัน แต่พบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 สรุปผลการวิจัย การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวตลอดจนพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ไม่แตกต่างกัน

สุทธิกร อาภานุกูล ปี 2556 ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส โดยมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของแรงต้านระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศที่มีต่อพลัง

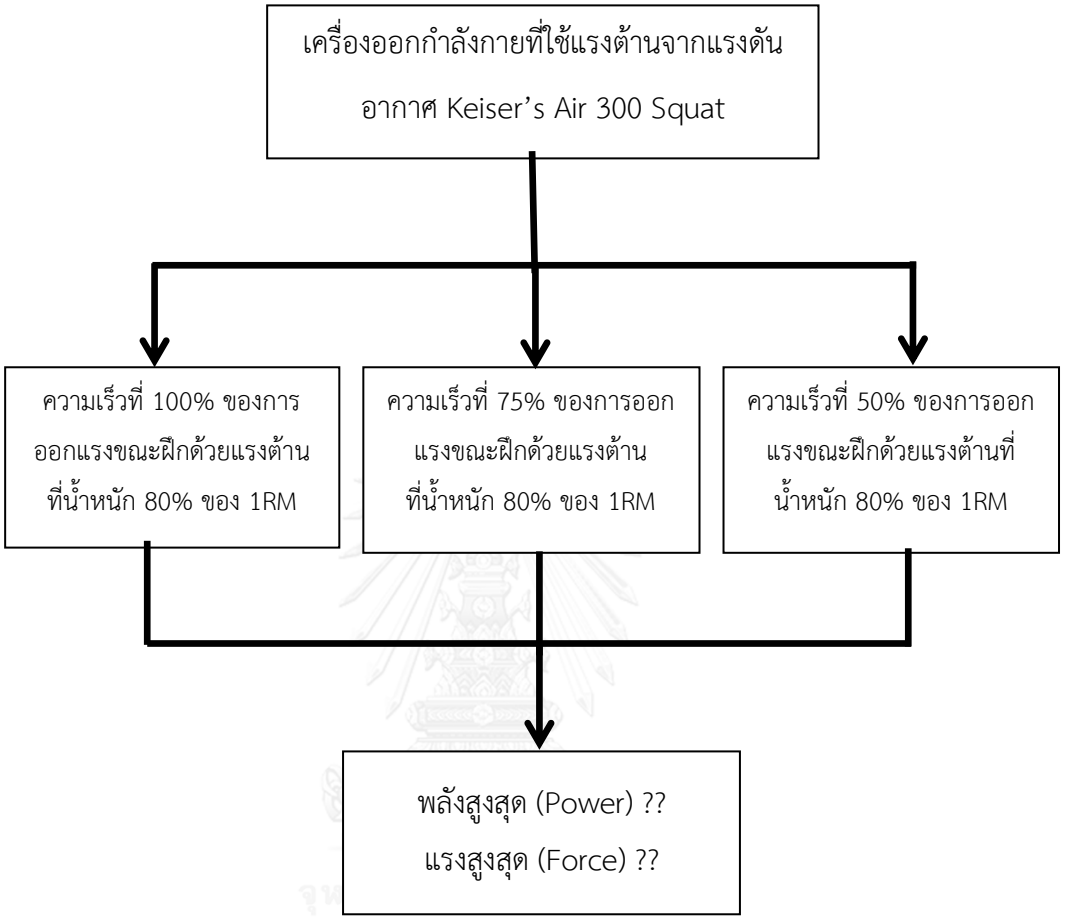
สูงสุด ซึ่งทดสอบโดยให้นักกีฬาเทนนิสชาย 15 คน ทำการยกท่าซูโม่ สคอวท 3 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้ง ที่ความหนัก 30% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ โดยมีรูปแบบสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนักกับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละสัปดาห์จะทดสอบ 1 รูปแบบแรงต้าน ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรที่ได้จาก 5 รูปแบบแรงต้าน โดยผลการทดลองพบว่า รูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10 สามารถทำให้เกิดพลังสูงสุดได้มากที่สุด ของทุกรูปแบบที่ใช้ในการทดสอบในขั้นตอนที่ 2 ได้ทำการศึกษา และเปรียบเทียบผลของการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศ และการฝึกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์ ด้วยรูปแบบแรงต้านที่มีสัดส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนัก กับแรงต้านจากแรงดันอากาศ 90 : 10 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิส เพศชาย ระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักร่วมกับการฝึกปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศร่วมกับการฝึกปกติ และกลุ่มควบคุม ฝึกปกติ ทั้งกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 จะถูกฝึกท่าซูโม่สควอท 2 ครั้งต่อสัปดาห์โดยใช้ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ในแต่ละครั้งที่ฝึกจะยกท่าซูโม่สควอท 20 ครั้ง/เซ็ต จำนวน 3 เซ็ต พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าพลังอดทน พลังสูงสุด ความและคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มที่ 3 ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของทุกตัวแปร นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 มีค่าค่าพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเป็นรูปแบบการฝึกที่ช่วยเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิสได้ดี เนื่องจากรูปแบบการฝึกนี้สามารถพัฒนาทั้งพลังอดทน พลังสูงสุด และความคล่องแคล่วว่องไว ยิ่งไปกว่านั้นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักผสมผสาน กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศนี้ยังช่วยทำให้สามารถเพิ่มพลังอดทนได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างเดียว

นภัส สังข์ทอง ปี 2557 ได้ศึกษาผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ช่วงอายุ 18-25 ปี จำนวน 13 คนและกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่า 1.5 เท่า โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกกลุ่ม

ตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ในการทดลองใช้วิธีถ่วงดุลลำดับโดยจะต้องทำการฝึก Squat ด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ ทั้ง 6 การทดลอง ได้แก่ ความหนักที่ 15% 30% 45% 60% 75% และ 90 % ของ1 RM จำนวน 3 ครั้ง 1 เซต ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุดขณะฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated measure) หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ผลการวิจัยพบว่า ค่าพลังสูงสุดในขณะทำท่า Squat ที่ความหนัก 15% มีค่าพลังมากกว่า ความหนักที่ 60% 75% และ 90% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าแรงสูงสุดในขณะทำท่า Squat ที่ความหนัก 90% มีค่าแรงมากกว่า ความหนักที่ 15% 30% และ 45% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความเร็วสูงสุดในขณะทาท่า Squat ที่ความหนัก 15% มีค่าความเร็วมากกว่า ความหนักที่ 30% 45% 60% 75% และ 90% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการวิจัย ในการฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศในขณะทำท่า Squat ความหนักที่ 15% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ความหนักที่ 90% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาแรงกล้ามเนื้อ และความหนักที่ 15% มีความเหมาะสมที่จะฝึกเพื่อพัฒนาความเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



แผนภูมิที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทโดยแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด การวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติในด้านจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาการศึกษาวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามโครงการวิจัยที่ 032.1/59 ลงวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2559 ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่างระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย มีสุขภาพดีและไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงบริเวณหลังและขาก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปจีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 โดยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 ขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.5 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน สำรองกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างเพิ่ม 10% จะได้จำนวน 3 คน รวมได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีปัจจุบันขณะทำการวิจัย อายุระหว่าง 18-22 ปี
2. มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่เป็นอุปสรรคในการออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก เช่น มีอาการบาดเจ็บรุนแรงที่บริเวณหลัง หน้าอก สะโพก เข่า ก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
3. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เข้าร่วมงานวิจัยอื่นที่มีการฝึกหรือการออกกำลังกายเสริมอื่นๆในช่วงเวลาที่เข้าร่วมงานวิจัยนี้
4. ทำแบบสอบถามคัดกรองความพร้อมในการร่วมงานวิจัยโดยผู้วิจัยเป็นผู้คัดกรอง (ภาคผนวก ข)
5. สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกงานวิจัย

1. เข้าร่วมการวิจัยไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดทั้งหมด 4 ครั้ง ได้แก่

การทดสอบ 1 การทดสอบหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงสุด (1 RM Test) และหาความเร็วสูงสุดเพื่อใช้กำหนดความเร็วในการฝึก

การทดสอบ 2 การทดสอบหาพลังสูงสุดและแรงสูงสุด ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การทดสอบ 3 การทดสอบหาพลังสูงสุดและแรงสูงสุด ด้วยความเร็วของการออกแรงที่ความ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การทดสอบ 4 การทดสอบหาพลังสูงสุดและแรงสูงสุด ด้วยความเร็วของการออกแรงที่ความ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอาการบาดเจ็บ จนไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยอีกต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องชั่งน้ำหนักตัว วัดส่วนสูง และวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง inbody ยี่ห้อ ioi ประเทศเกาหลีใต้ (ภาคผนวก ซ)
2. เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงอันอากาศ ยี่ห้อ ไกเซอร์ รุ่น Air 300 Squat ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ซ)

3. เครื่อง FT700 Power Cage ประกอบด้วย 400 Series force plate, Magnetic Braking Unit, PT5A Position Transducer และ โปรแกรม Ballistic Measurement System ประเทศออสเตรเลีย (ภาคผนวก ซ)
4. แอพลิเคชั่น Pro Metronome Version 3.13.2 ©2014 EUMLab, Xanin Tech. GmbH. ประเทศจีน (ภาคผนวก ซ)
5. จักรยานวัดงาน ยี่ห้อโมนาค รุ่น 894 e ประเทศโปแลนด์ (ภาคผนวก ซ)
6. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ โพลา ประเทศฟินแลนด์ (ภาคผนวก ซ)
7. แบบบันทึกข้อมูล (ภาคผนวก ซ)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาโปรแกรมจากหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบฝึกการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วที่แตกต่างกัน
   2.1. ออกแบบโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็ว
   2.2. นำโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ตรวจแก้ไขและปรับปรุงเพื่อให้มีความเหมาะสมมากขึ้น (ภาคผนวก ญ)
   2.3. นำโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านแบบกำหนดความเร็วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจแก้ไขและปรับปรุง เพื่อให้มีความเหมาะสมมากขึ้น และดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ก)
3. ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ฎ) และประกาศหาอาสาสมัครนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี ที่สนใจเข้าร่วมงานวิจัย
4. ผู้วิจัยทำการชี้แจงวิธีการทดสอบและวิธีการฝึกแก่ผู้ช่วยวิจัย ก่อนทำการวิจัย มีการชี้แจงขั้นตอนการวิจัยอย่างเอียดแก่ผู้ช่วยวิจัยรวมไปถึงการฝึกใช้เครื่องมือการทดสอบให้มีความเข้าใจอย่างชัดเจน ซึ่งผู้ช่วยวิจัยมีหน้าที่ดูแลความถูกต้องของท่าสควอทรวมไปถึงการตรวจสอบความพร้อมขณะทดสอบ ซึ่งผู้ช่วยวิจัยเป็นนิสิตรปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษาปัจจุบัน และทำการเตรียมความพร้อมเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ (ภาคผนวก ง)

5. ผู้วิจัยทำการชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีและขั้นตอนวิจัย นอกจากนี้ยังมีการอธิบายถึงสิทธิในการยินยอม หรือปฏิเสธในการเข้าร่วมวิจัย ทำการวัดองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง inbody ยี่ห้อ ioi โดยค่าที่ได้ คือ น้ำหนัก, ส่วนสูง, ค่าองค์ประกอบทางกายแก่ผู้เข้าร่วมวิจัย
6. ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงสุด (1RM Test) และหาค่าความเร็วสูงสุดขณะออกแรงด้วยเครื่องออกกาลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat และสร้างความคุ้นเคยในการใช้เครื่องมือ ก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์แก่ผู้ร่วมวิจัย

การทดสอบหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงสุด (1RM Test) (ภาคผนวก จ)

1. เริ่มต้นด้วยการให้ผู้ร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานเป็นเวลา 5 นาที ที่ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควบคุมจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อม (ภาคผนวก ฌ) ต่อจากนั้นให้ผู้ร่วมวิจัยทดลองยกที่น้ำหนักเท่าน้ำหนักตัวโดยเครื่องแรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat โดยใช้น้ำหนัก 80 กิโลกรัม ประมาณ 14-16 ครั้ง เพื่อเตรียมพร้อม
2. ผู้ร่วมวิจัยยืนตัวตรง มองไปด้านหน้า มือทั้งสองข้างจับที่จับ ให้ผู้เข้าทดสอบงอเข่าทั้งสองข้าง 90 องศา การวัดองศาการเคลื่อนไหวของมุมหัวเข่าโดย Goniometer เริ่มทดสอบโดยใช้น้ำหนักเท่ากับน้ำหนักตัวของผู้ร่วมวิจัย
3. หลังจากนั้นให้ผู้เข้าทดสอบยืดตัวขึ้นให้ตัวตรงโดยให้ขาทั้งสองข้างยืดสุด หลังจากนั้นค่อยๆเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 10 % ของน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (ทำการทดสอบภายในการเพิ่มน้ำหนัก 4-5 ครั้ง) จนกระทั่งผู้ทดสอบสามารถยกได้ 4 ครั้ง ระยะเวลาพักอย่างน้อย 5 นาทีต่อการทดสอบ แต่ถ้าหากทดสอบเกิน 5 ครั้ง ทำการพัก 30 นาทีแล้วเริ่มทดสอบอีกครั้งต่อจากน้ำหนักล่าสุดที่สามารถทำได้ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณด้วยสมการของ Epley อ้างถึงใน (Reynolds, Gordon, & Robergs, 2006)

$$1\text{RM} = \text{Weight}\left[1 + \frac{4}{30}\right]$$

วิธีการหาค่าความเร็วสูงสุดขณะออกแรงด้วยเครื่องออกกาลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ (ภาคผนวก จ)

1. นำ Linear Position Transducer ติดตรงส่วน bracket ของเครื่อง Keiser's Air 300 Squat ด้านซ้าย โดยให้ Linear Position Transducer เป็นเส้นตรงแนวตั้ง
2. ก่อนการทดสอบให้ผู้ร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานเป็นเวลา 5 นาที ที่ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควบคุมจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายและทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อม
3. ต่อจากนั้นให้ทดลองยกที่น้ำหนักเท่าน้ำหนักตัวโดยเครื่องแรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat ประมาณ 14-16 ครั้ง
4. ทดสอบหาความเร็วสุงสุดโดยใช้น้ำหนักที่ 80% ของ 1RM แต่ละการทดสอบจะทำการทดสอบโดยการออกแรงต้านท่าสควอทจำนวน 3 ครั้งติดกัน ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat โดยนำค่าสูงสุดที่ได้จากการทดสอบมาคำนวนร้อยละของความเร็วในขั้นตอนต่อไป

วิธีการคำนวณหาความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่าง

จากการทดสอบวัดความเร็วสูงสุดของการยกด้วยน้ำหนัก 80% ของ1RM ของนาย ก.

พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของการออกแรงอยู่ที่ 0.77 m/s.

ระยะทางที่ในการเคลื่อนที่ของบาร์ 0.25 m.

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของบาร์ 0.67 s.

จังหวะที่ใช้ยก คือ 60/0.67 = 89.25 ~ 90 bpm.

ดังนั้น

จังหวะในการออกแรง ที่ 100% คือ 90 bpm.

จังหวะในการออกแรง ที่ 75% คือ 68 bpm.

จังหวะในการออกแรง ที่ 50% คือ 45 bpm.

7. ผู้วิจัยทำการจัดกลุ่มตัวอย่างทั้ง 30 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายเพื่อเรียงลำดับเพื่อเข้ารับการทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ โดยทำการทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์

ตาราง 1 ตาราง Counter balance ของการทดสอบทั้ง 3 การทดสอบ

ดังนี้

การทดสอบ A = ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การทดสอบ B = ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การทดสอบ C = ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การทดสอบ / **สัปดาห์ที่**	**การทดสอบ A**	**การทดสอบ B**	**การทดสอบ C**
สัปดาห์ที่ 1	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)
สัปดาห์ที่ 2	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)
สัปดาห์ที่ 3	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)

8. ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม ทำการฝึกตามตารางการถ่วงดุลลำดับ (Counter balancing) การฝึกออกแรงต้านท่าสควอท การทดสอบแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ และแต่ละการทดสอบจะทำการทดสอบโดยการออกแรงต้านท่าสควอทจำนวน 3 ครั้งติดกัน 1 เซต ตามจังหวะที่กำหนดไว้ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat ก่อนการทดสอบให้ผู้ร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานเป็นเวลา 5 นาที ที่ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควบคุมจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อม ต่อจากนั้นให้ทดลองยกที่น้ำหนักเท่าน้ำหนักตัวโดยเครื่องแรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat ประมาณ 14-16 ครั้ง เพื่อเตรียมพร้อม และสร้างความคุ้นเคยโดยการออกแรงตามความเร็วที่ได้จากจังหวะที่กำหนด ทำการทดสอบโดยที่นำแท่นวัดแรง (Force plate) มาวางไว้บนฐานของเครื่อง Keiser's Air 300 Squat เพื่อบันทึกข้อมูลขณะทำการทดสอบ มีการควบคุมความเร็วของ

ผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบโดยการใช้เสียงจังหวะจากเมโทรโนมและมีการตรวจสอบความเร็วของการทดสอบหลังการทดสอบทุกครั้ง ถ้าหากมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 10% ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งหลังจากพัก 30 นาที รวมแล้วใช้เวลาทดสอบแต่ละครั้งประมาณ 30 นาที นำผลการทดสอบที่ได้ คือ พลังสูงสุดและแรงสูงสุดขณะทดสอบ ซึ่งเป็นช่วงจังหวะเดียวกันขณะที่ผู้ร่วมวิจัยออกแรงปฏิบัติท่าสควอทแรงที่กระทำกับแท่นวัดแรงมีค่าพลังสูงสุดและแรงสูงสุด มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยนำค่าสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ผล (ภาคผนวก ฉ)

9. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาค่าสถิติ (SPSS version 16) ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของพลังและแรงสูงสุดขณะฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักต่างกัน โดยการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำหาก พบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ค่าพลังสูงสุดและค่าแรงสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุดในขณะทำท่าสควอท (Squat) ที่มีความหนักที่แตกต่างกัน มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติแล้วจึงนำผลในรูปแบบตาราง ประกอบความเรียง และกราฟแสดงข่อมูล โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังสูงสุดและค่าแรงสูงสุดของท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตอนที่ 3 กราฟแสดงค่าพลังและค่าแรงสูงสุดของท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป	(n=30)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	20.45	1.02
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	72.72	10.53
ส่วนสูง (เมตร)	1.76	0.05
ดัชนีมวลกาย	23.58	3.01
ร้อยละไขมันในร่างกาย	17.91	5.37

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาพื้นฐานแสดงในตารางที่ ผู้เข้าร่วมวิจัยมีอายุ 20.45±1.02 ปี น้ำหนัก 72.72±10.53 กิโลกรัม ส่วนสูง 1.76±0.05 เมตร ดัชนีมวลกาย 23.58±3.01 และร้อยละไขมันในร่างกาย 17.91±5.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้อมูลทั่วไป	(n=30)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว	3.87	0.39
ค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM (เมตร/วินาที)	0.657	0.12
ค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM (เมตร/วินาที)	0.531	0.10
ค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM (เมตร/วินาที)	0.354	0.06

จากตาราง แสดงค่าเฉลี่ยข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยในตารางที่ ผู้เข้าร่วมวิจัยมีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว 3.87±0.39 เท่าของน้ำหนักตัว มีค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM เท่ากับ 0.657±0.12 เมตร/วินาที ค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM เท่ากับ 0.531±0.10 เมตร/วินาทีและค่าความเร็วเฉลี่ยที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM เท่ากับ 0.354±0.06 เมตร/วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures)

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดและค่าแรงสูงสุด ในขณะทำท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

ความเร็ว	พลังสูงสุด(วัตต์)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง	797.24	178.87
ความเร็วที่ 75% ของความสามารถในการออกแรง	1,134.11	200.28
ความเร็วที่ 100% ของความสามารถในการออกแรง	1,540.04	343.82

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยของค่าพลังสูงสุดในการทำท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยค่าเฉลี่ยพลังของการออกแรงความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 797.24 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 178.87 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังของการออกแรงความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,134.11 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 200.28 วัตต์ และ ค่าเฉลี่ยพลังของการออกแรงความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,540.04 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 343.82 วัตต์ ตามลำดับ

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

ความเร็ว	แรงสูงสุด (นิวตัน)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท	2,276.79	397.07
ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท	2,261.99	321.08
ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท	2,318.34	363.68

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยของค่าแรงสูงสุดในการทำท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยค่าเฉลี่ยแรงของการออกแรงความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,276.79 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 397.07 วัตต์ ค่าเฉลี่ยแรงของการออกแรงความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,261.99 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 321.08 วัตต์ และ ค่าเฉลี่ยแรงของการออกแรงความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2,318.34 วัตต์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 363.68 วัตต์ ตามลำดับ

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังสูงสุดที่ความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM

ความเร็ว / ตัวแปร	ความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		ความเร็วที่ 75%ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		ความเร็วที่ 100% ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		F	*p*-value
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
พลังสูงสุด (วัตต์)	797.24	178.87	1,134.11	200.28*	1,540.04	343.82*#	177.657	.027

* $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง

# $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 75% ของความสามารถในการออกแรง

จากตารางพบว่าค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของพลัง

พบว่าค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM และค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดที่ 75 % ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM และค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดที่ 50% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดที่ 75 % ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM และค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าพลังน้อยกว่าความเร็วที่ 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าพลังน้อยกว่าความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM และมีค่าพลังมากกว่าความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าพลังมากกว่าความเร็วที่ 50% และ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแรงความเร็วสูงสุดที่ 50%, 75% และ 100% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM

ความเร็ว / ตัวแปร	ความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		ความเร็วที่ 75%ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		ความเร็วที่ 100% ของความสามารถในการออกแรง (n=30)		F	*p*-value
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
แรงสูงสุด (นิวตัน)	2,276.79	397.07	2,261.99	321.08	2,318.34	363.68	.728	.071

p>.05

จากตารางพบว่าค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของการออกแรงขณะฝึกด้วยแรงต้านท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของพลังพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดของความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าเฉลี่ยแรงน้อยกว่าความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM และมีค่าเฉลี่ยแรงมากกว่าความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

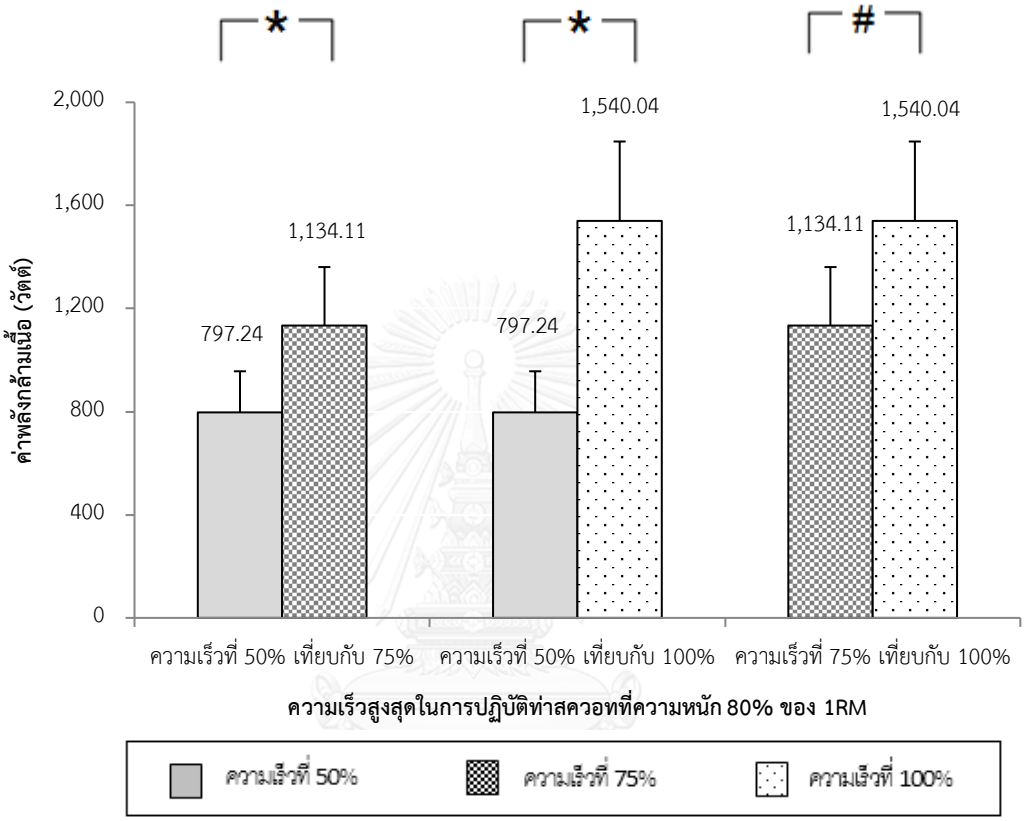
ค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดของความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าเฉลี่ยแรงน้อยกว่าความเร็วที่ 50% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดของความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าเฉลี่ยแรงมากกว่าความเร็วที่ 50% และ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าพลังและค่าแรงสูงสุดของท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังสุงสุดของความเร็วที่แตกต่างกันของความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

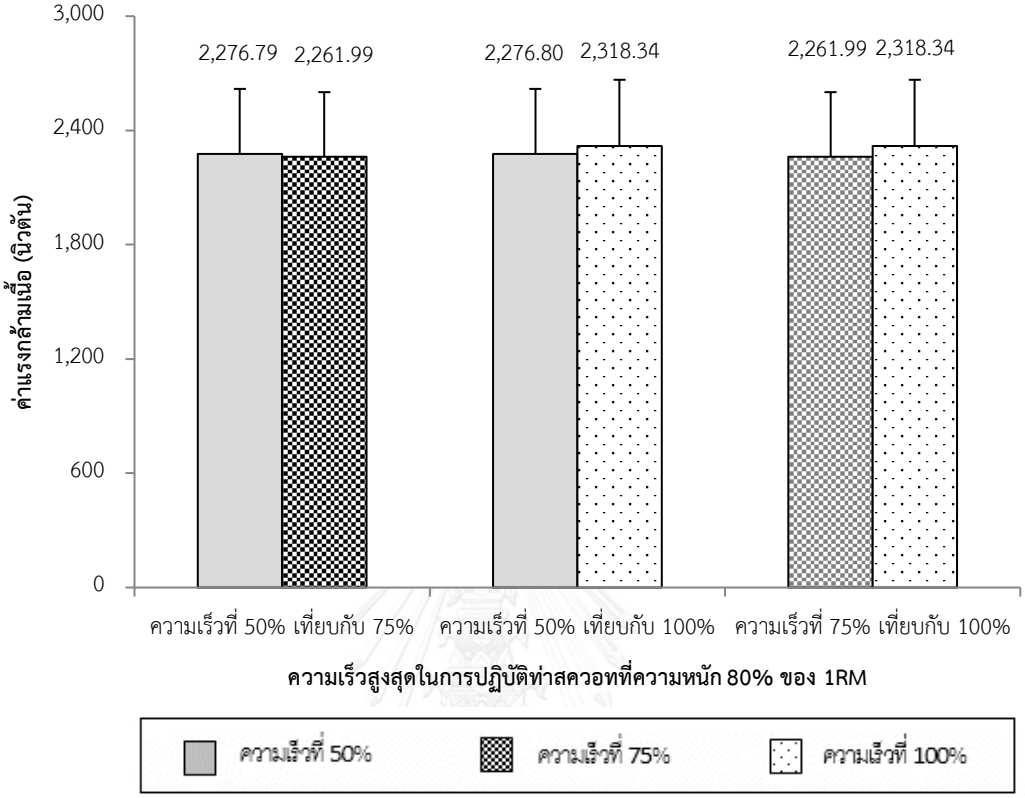


* $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

\# $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

จากแผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของค่าพลังสูงสุดในการทำท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่า 797.24±178.87 วัตต์ 1,134.11±200.28 วัตต์ และ 1,540.04±343.82 วัตต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power) ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 ความเร็ว ได้แก่ ความเร็วที่ 100%, 75% และ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM พบว่า ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุดมีค่า คือ 1,540.04±343.82 วัตต์ รองลงมาคือ ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ค่าที่วัดได้ คือ เท่ากับ 1,134.11±200.28 วัตต์ และสุดท้ายความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทค่าแรงที่ได้มีค่าต่ำสุด คือ 797.24±178.87 วัตต์ ตามลำดับ

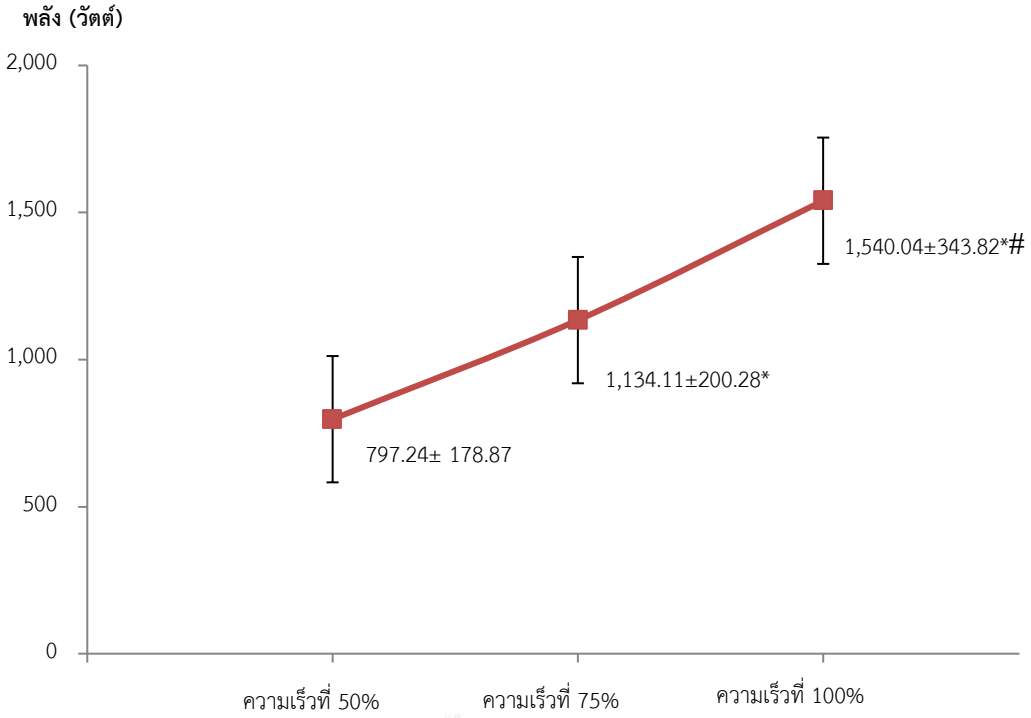
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงสุงสุดของความเร็วที่แตกต่างกันของความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM



p>.05

จากแผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของค่าแรงสูงสุดในการทำท่าสควอทความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM มีค่าเท่ากับ 2,276.79 ± 397.07 นิวตัน 2,261.99±321.08 นิวตัน และ 2,318.34±363.68 นิวตัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรง (Force) ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 ความเร็ว ได้แก่ ความเร็วที่ 100%, 75% และ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM พบว่า ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดมีค่า 2,318.34±363.68 นิวตัน รองลงมาได้แก่ ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ค่าที่วัดได้เท่ากับ 2,276.79±397.07 นิวตัน และสุดท้ายความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทค่าแรงที่ได้มีค่าต่ำสุด คือ 2,261.99±321.08 นิวตัน ซึ่งสรุปได้ว่าค่าแรงจากทั้งสามความเร็วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*p*>.05)

รูปภาพ 7 แสดงการเปรียบเทียบพลังที่ความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM



ความเร็วที่ 50% คือ ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

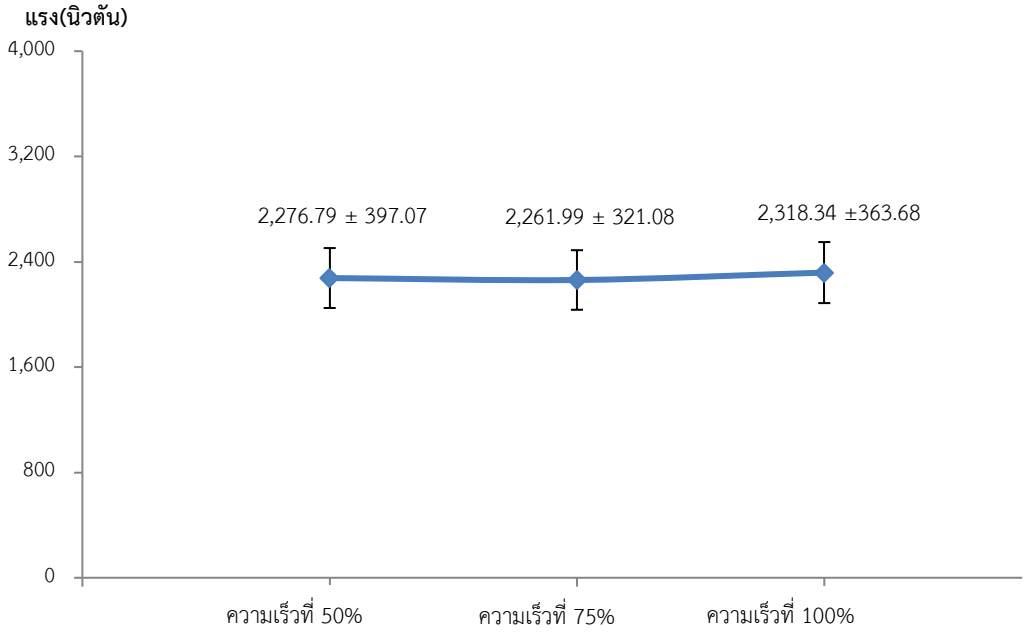
ความเร็วที่ 75% คือ ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

ความเร็วที่ 100% คือ ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

* $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง

# $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 75% ของความสามารถในการออกแรง

รูปภาพ 8 แสดงการเปรียบเทียบแรงที่ความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM



ความเร็วที่ 50% คือ ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

ความเร็วที่ 75% คือ ความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

ความเร็วที่ 100% คือ ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท

* $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 50% ของความสามารถในการออกแรง

# $p<.05$ แตกต่างกับความเร็วที่ 75% ของความสามารถในการออกแรง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทด้วยแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดและแรงสูงสุด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปจีสตาร์พาวเวอร์ (G*Power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 โดยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 ขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 0.5 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน สำรองกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มรวมทั้งหมด 30 คน โดยการวิจัยนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบด้วยแรงต้านโดยกำหนดความเร็ว 3 ความเร็ว ได้แก่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

โดยช่วงเวลาการทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์ เมื่อทำครบจำนวนความเร็วที่กำหนดทั้ง 3 ความเร็ว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อคำนวณหา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพร้อมทั้งวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังและแรงสูงสุดขณะฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วทั้ง 3 ความเร็วที่กำหนด โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated measure) หากพบว่ามีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

สรุปผลการวิจัย

ภายหลังการรวบรวมข้อมูลพบว่า พลังสูงสุด ขณะทำท่าสควอทที่ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทมีค่าพลังมากกว่า ความเร็วที่ 50% และ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ไม่พบความแตกต่างของค่าแรงสูงสุด ขณะทำการทดสอบทั้ง 3 ความเร็ว ได้แก่ ความเร็วที่ 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

การฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM ความเร็วที่เหมาะสมในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ คือ ความเร็วที่ ที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ส่วนความเร็วที่เหมาะสมในการฝึกเพื่อพัฒนาแรงของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาวิจัยไม่พบความแตกต่างของค่าแรงสูงสุด จากความเร็วของการออกแรงทั้ง 3 ความเร็ว อันได้แก่ ความเร็วที่ 50%, 75% และ ที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท เนื่องจากค่าเฉลี่ยของแรงที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด

จากสมมติฐานของการวิจัยที่ว่าผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่น้ำหนัก 80% ของ 1 RM มีต่อผลต่อพลังสูงสุดแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีผลต่อพลังสูงสุดแตกต่างกัน โดยพบว่าค่าพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่งผลเป็นไปตามสมมติฐาน

จากผลการวิจัยพบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการออกแรงที่ความเร็ว 100%, 75% และ 50% ตามลำดับ (1,540.04±343.82 วัตต์ ,1,134.11±200.28 วัตต์ และ 797.24±178.87 วัตต์ ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM ส่งผลทำให้พลังมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับการการฝึกด้วยแรงต้านที่สควอทจากแรงดันอากาศที่ความเร็ว 50% และ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการทำงานของกล้ามเนื้ออาจเป็นผลจากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ เนื่องจากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกชนิดนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึกจากการเปลี่ยนแปลงความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tone) โดยตัวรับความรู้สึก (Receptors) ของระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ ตัวรับความรู้สึกของข้อต่อจะรับกระแสประสาทผ่านทางเส้นประสาทนำเข้า (Afferent fibers) ซึ่งสามารถถูกกระตุ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงความเร็วหรืออัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลงอันเกิด

จากการเคลื่อนไหวของรยางค์ร่างกาย ข้อมูลที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผ่านตัวรับความรู้สึกจะเกิดการแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณกระแสประสาทส่งผ่านไปตามเส้นทางการนำประสาทขาเข้า (Afferent pathway) หลังจากนั้นจะส่งไปยังสมองส่วนต้น (Subcortical part) รวมถึงสมองส่วนรับความรู้สึก โดยมีเส้นประสาทรับความรู้สึกมากมายหลายส่วนที่รับข้อมูล (วรินทร์ กฤตยาเกียรณ, 2555) ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการตอบสนองต่อความเร็วแตกต่างกัน และการที่น้ำหนักที่ใช้ในการวิจัยใช้ในการทดลองเท่ากัน ความเร็วจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อค่าพลังที่เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งความเร็วส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงบิดและการพัฒนาแรงตึงตัวและส่งผลเล็กน้อยต่อการเพิ่มขึ้นของค่าทอร์ก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงชนิดของกล้ามเนื้อเมื่อมีการทำซ้ำจนเกิดการปรับตัวของการกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองต่อการฝึกด้วยแรงต้าน (Behm & Sale, 1993) ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ เนลส อูเดอแมน ไบรส วินเซสเตอร์และแมคกูแกนและคณะ ปี 2005 พบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการฝึกแรงต้านด้วยความเร็วแบบ Short term traditional โดยกำหนดช่วงกล้ามเนื้อออกแรงให้หดตัวสั้นลงเป็นเวลา 2 วินาทีและกำหนดช่วงที่ให้กล้ามเนื้อหดตัวยาวออกเป็นเวลา 4 วินาที เมื่อเทียบกับความเร็วแบบ Super slow โดยมีการกำหนดช่วงกล้ามเนื้อให้หดตัวสั้นลงเป็นเวลา 10 วินาทีและกำหนดช่วงที่ให้กล้ามเนื้อหดตัวยาวออกเป็นเวลา 5 วินาที เห็นได้ชัดว่าการกล้ามเนื้อออกแรงหดตัวขณะฝึกแบบรวดเร็วส่งผลดีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ (Neils, Udermann Be Fau - Brice, Brice Ga Fau - Winchester, Winchester Jb Fau - McGuigan, & McGuigan, 2005) และการศึกษาของ โจนและคณะ ปี 1999 ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบค่าพลังของกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจากการฝึกแรงต้านที่มีการเพิ่มความเร่งขณะฝึกด้วยน้ำหนักของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายในนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัยที่ได้รับการฝึกโดยมีการเพิ่มความเร่งขณะฝึกด้วยแรงต้านเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีการฝึกด้วยความเร็วปกติ (Jones, Hunter, Fleisig, Escamilla, & Lemak, 1999) ซึ่งแตกต่างกับการวิจัยของ ไอดีและคณะ ปี 2011 พบว่า ความสูงจากการกระโดด Countermovement jump มีค่าลดลงหลังจากทำการฝึกแรงต้านด้วยความเร็วแบบหดตัวเร็วโดยกำหนดให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัวสั้นลงภายในเวลา 1.5 วินาทีเมื่อเทียบกับกลุ่มหดตัวช้า โดยกำหนดให้กล้ามเนื้อออกแรงหดตัวสั้นลงภายในเวลา 6 วินาที (Ide et al., 2011)

เนื่องด้วยความเร็วขณะฝึกด้วยแรงต้านเป็นจุดประสงค์หลักที่มีส่วนสำคัญต่อการฝึกเพื่อพัฒนาค่าพลังกล้ามเนื้อ โดยการออกแรงแบบช้าไม่เพียงพอและไม่เหมาะสมต่อการฝึกเพื่อเพิ่มค่าพลังกล้ามเนื้อ และผลที่ได้จากความเร็ว 100% ของความสามารถในการออกแรง มีความเร็วสูงสุด

เมื่อนำมาคูณกับค่าแรงที่ได้จากความหนักเดียวกันแล้วย่อมได้พลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากแรงและความเร็ว ซึ่งจากการวิจัยพบว่าถ้าแรงที่ได้จากความหนักเดียวกันมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความเร็วของการออกแรงจะเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงค่าพลังกล้ามเนื้อที่ได้ (Bompa & Carrera, 2005)

ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็วของการออกแรงที่ต่างกันที่มีต่อแรงสูงสุด

จากสมมติฐานของการวิจัยที่ว่าการฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทมีต่อผลต่อแรงสูงสุดแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่าการฝึกแรงต้านท่าสควอทจากแรงดันอากาศด้วยความเร็ว 50%, 75% และ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทที่ความหนัก 80% ของ 1RM

ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ค่าแรงที่ได้มีค่าเท่ากับ 2,276.79 ± 397.07 นิวตัน 2,261.99±321.08 นิวตันและ 2,318.34±363.68 นิวตัน ตามลำดับ ความแตกต่างระหว่างค่าแรงที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 ความเร็วมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำหนักที่ใช้ในการวิจัยใช้ในการทดลองเท่ากัน ส่งผลให้แรงที่ได้จากการทดสอบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถึงแม้ว่าจะใช้ความเร็วในการฝึกที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ ฟรอสท์ บรอนสัน โครนินและนิวตัน ผลการวิจัยพบว่าความแตกต่างของชนิดการฝึกด้วยน้ำหนักส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงที่ได้จากการฝึกของกล้ามเนื้อถึงแม้ว่าจะใช้น้ำหนักที่ความหนักเดียวกัน ในทางกลับกันแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการฝึกที่มีความเร็วในการฝึกที่แตกต่างกันแต่ใช้น้ำหนักในการฝึกที่เท่ากันก็ไม่ส่งผลต่อแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึก ถึงแม้ว่าความเร็วของการฝึกและน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกจะมีส่วนสำคัญในการพัฒนาความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกที่เหมาะสมย่อมเป็นพื้นฐานของการเลือกเพื่อพัฒนาความสามารถของแต่ละบุคคล (Frost, Bronson S Fau - Cronin, Cronin Jb Fau - Newton, & Newton, 2016)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเร็วที่ 100% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทมีค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดมีค่า คือ 2,318.34±363.68 นิวตัน รองลงมาคือ ความเร็วที่ 50% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอท ค่าที่วัดได้ คือ เท่ากับ 2,276.79±397.07 นิวตัน และสุดท้ายความเร็วที่ 75% ของความเร็วสูงสุดในการปฏิบัติท่าสควอทค่าแรงที่ได้มีค่าต่ำสุด คือ 2,261.99±321.08 นิวตัน ค่าแรงของความเร็วที่ 50% มีค่ามากว่าค่าแรงของความเร็วที่ 75% สาเหตุอาจเป็นเพราะในการ

ทดสอบความเร็วที่ 50% เป็นความเร็วที่ช้าที่สุดในการทดสอบ อาจส่งผลให้ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าการทดสอบที่ความเร็ว 75% เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยต้องออกแรงช้ากว่า อาจทำให้จังหวะที่มีการออกแรงต้องออกแรงมากกว่าความเร็วที่ 75% เล็กน้อย เพื่อควบคุมความความเร็วให้เป็นไปตามที่กำหนด อาจทำให้ค่าแรงที่ได้มีค่าสูงกว่าความเร็วที่ 75% เพียงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกับความเร็วที่ 100% ที่ผู้เข้าร่วมสามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่ส่งผลให้ค่าแรงที่ได้มีค่าสูงกว่าความเร็วอื่น

นอกจากนี้เป็นผลจากอุปกรณ์แรงต้านจากลม (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุแต่แรงต้านจะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ถึงแม้ความเร็วที่ใช้ในการฝึกมีความแตกต่างกัน แรงที่ได้จากน้ำหนักเดียวกันในการฝึกจะมีค่าเท่ากัน (นภัส สังข์ทอง, 2557)

การฝึกแรงต้านที่สควอทด้วยแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วที่ความหนัก 80% ของความสามารถในการออกแรงสูงสุด พบว่าความเร็วที่ 100% ของความสารถในการออกแรงสูงสุดเป็นความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและความเร็วของการออกแรงที่แตกต่างกันด้วยการใช้น้ำหนักเดียวกันไม่มีผลต่อค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้น จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การฝึกแรงต้านด้วยความเร็วสูงสุดเหมาะสำหรับชนิดกีฬาที่ต้องงการพลังระเบิดในการแสดงทักษะทางด้านกีฬา เช่น กีฬายกน้ำหนักซึ่งท่าทางในการแสดงทักษะมีความสอดคล้องกับวิจัยเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบท่าทางการแข่งขันกับการทศึกษาพบว่ามีความคล้ายกัน คือ มีการออกแรงแบบเอาชนะแรงต้านด้วยความเร็วสูงเพื่อให้สามารถออกแรงยกน้ำหนักให้ได้ตามน้ำหนักที่ตั้งไว้ ถ้าหากนักกีฬาเสียจังหวะในการออกแรงอาจทำให้การยกไม่สำเร็จ หากมีการฝึกในรูปแบบที่คล้ายกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ อาจส่งผลดีต่อนักกีฬาในการแข่งขัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรตรวจเชคความสูงของคานขณะทำการทดลองเนื่องจากความสูงของแต่ละคนไม่เท่ากัน อาจส่งผลต่อท่าทางการเริ่มต้นของการทดลอง
2. ควรมีการบอกจังหวะขณะทำการออกแรงยกเพื่อให้ผู้ร่วมวิจัยออกแรงได้ตามความเร็วที่กำหนด
3. ขณะทำการวิจัยควรมีผู้ช่วยอย่างน้อย 1-2 คน เพื่อคอยให้ความช่วยเหลือและดูแลผู้เข้าร่วมวิจัย
4. การศึกษาวิจัยครั้งนี้กำหนดและควบคุมความเร็วของการทดสอบด้วย แอพลิเคชั่น Pro Metronome Version 3.13.2 อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขณะการทดลอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเพื่อพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬา
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการฝึกแรงต้านด้วยความเร็วที่แตกต่างกันในเครื่องนิวมาทิคเทียบกับฟรีเวท
3. ควรทำการศึกษาผลจากการฝึกด้วยน้ำหนักในความเร็วที่แตกต่างกัน โดยดำเนินการวิจัยเชิงทดลองที่มีระยะเวลาในการฝึกตั้งแต่ 6 สัปดาห์ขึ้นไป
4. การกำหนดความเร็วในการทดสอบเพื่อให้ได้ความแม่นยำและไม่เกิดการคลาดเคลื่อน ควรใช้กล้องเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวขณะทำการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤตมุข หล่าบรรเทา. (2554). *การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล. (2535). *สรีรวิทยา* 1 (3 ed.). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2545). *หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นภัส สังข์ทอง. (2557). *ผลฉับพลันขณะฝึกด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศด้วยความหนักที่ต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุด แรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. .

ประทุม ม่วงมี. (2527). *รากฐานสรีวิทยาของการออกกำลังกายและพลศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บูรพาสาส์น.

วรินทร์ กฤตยาเกียรณ. (2555). ระบบประสาทการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อในนาฏศิลปินไทย. *วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ, 27*(14).

สุทธิกร อาภานุกูล. (2556). *การพัฒนารูปแบบการผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการฝึกด้วยแรงดันอากาศเพื่อเพิ่มพลังอดทนในนักกีฬาเทนนิส.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Behm, D., & Sale, D. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine, 15*(6), 374-388.

Bompa, T. O., & Carrera, M. (2005). *Periodization Training for Sports*: Human Kinetics.

Chiu, L. Z., & Burkhardt, E. (2011). A teaching progression for squatting exercises. *Strength & Conditioning Journal, 33*(2), 46-54.

Franco-Marquez, F., Rodriguez-Rosell, D., Gonzalez-Suarez, J. M., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yanez-Garcia, J. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2015). Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on Physical Performance in

Young Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine, 36*(11), 906-914. doi: 10.1055/s-0035-1548890

Frost, D. M., Bronson S Fau - Cronin, J. B., Cronin Jb Fau - Newton, R. U., & Newton, R. U. (2016). *Changes in Maximal Strength, Velocity, and Power After 8 Weeks of Training With Pneumatic or Free Weight Resistance*. (1533-4287 (Electronic).

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Medicine, 34*(3), 165-180.

Ide, B. N., Leme, T. C., Lopes, C. R., Moreira, A., Dechechi, C. J., Sarraipa, M. F., . . . Macedo, D. V. (2011). Time course of strength and power recovery after resistance training with different movement velocities. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*(7), 2025-2033. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e7393f

Jones, K., Hunter, G., Fleisig, G., Escamilla, R., & Lemak, L. (1999). The Effects of Compensatory Acceleration on Upper-Body Strength and Power in Collegiate Football Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 13*(2), 99-105.

Keiser Corporation. (2016). *The science of resistance; A pound is not always a pound*. Retrieved 11 July 2016, https://www2.keiser.com/downloads/pdf/Science_of_Resistance.pdf

Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*: Human Kinetics.

Lopes, C. R., Crisp, A. H., Rodrigues, A. L., Teixeira, A. G., da Mota, G. R., & Verlengia, R. (2012). Fast contraction velocity in resistance exercise induces greater total volume load lifted and muscle strength loss in resistance-trained men. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 5*(4), 123-126.

McCorry, L. K. (2004). *Essentials of Human Physiology for Pharmacy*: CRC Press.

Mohamad, N. I., Cronin, J. B., & Nosaka, K. K. (2012). Difference in kinematics and kinetics between high- and low- velocity resistance loading equated by volume: Implications for hypertrophy training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 26*(1), 269-275.

Neils, C. M., Udermann Be Fau - Brice, G. A., Brice Ga Fau - Winchester, J. B., Winchester Jb Fau - McGuigan, M. R., & McGuigan, M. R. (2005). Influence of contraction

velocity in untrained individuals over the initial early phase of resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 19*(4), 883-887.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & González-Badillo, J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Medicine, 35*(11), 916-924.

Pereira, M. I., & Gomes, P. S. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine, 33*(6), 427-438.

Reynolds, J. M., Gordon, T. J., & Robergs, R. A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 20*(3), 584-592.

Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport Physiology for Coaches*: Human Kinetics.

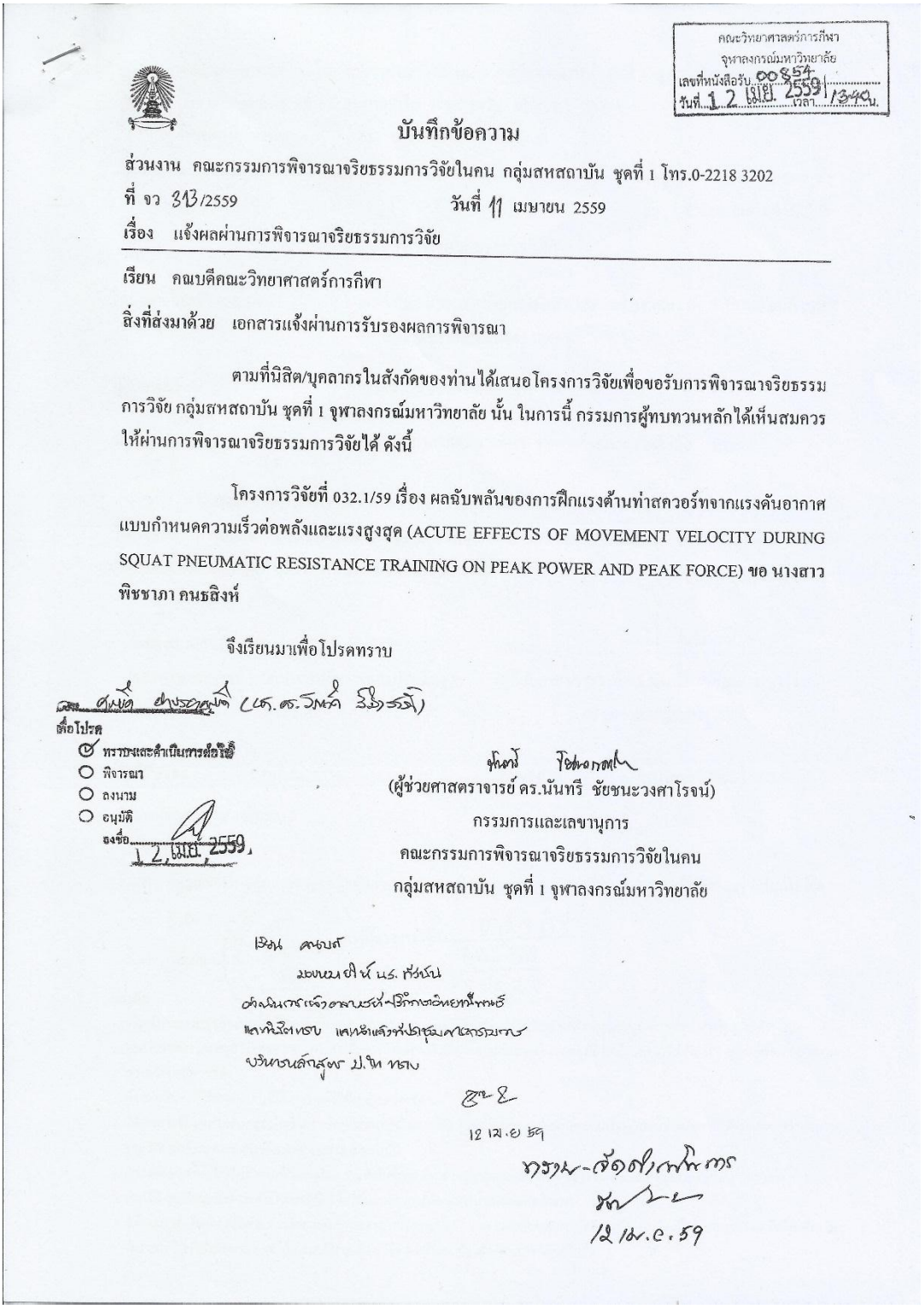
Wong, P.-l., Chamari, K., & Wisløff, U. (2010). Effects of 12-week on-field combined strength and power training on physical performance among U-14 young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(3), 644-652.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 00854
วันที่ 12 เม.ย. 2559 เวลา 13:40 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 313/2559 วันที่ 11 เมษายน 2559
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 032.1/59 เรื่อง ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอร์ทจากแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังและแรงสูงสุด (ACUTE EFFECTS OF MOVEMENT VELOCITY DURING SQUAT PNEUMATIC RESISTANCE TRAINING ON PEAK POWER AND PEAK FORCE) ของ นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ชิ้นงาน)

เรียน ศ.(พิเศษ) นายแพทย์ (ผศ.ดร.วิทยา ชิ้นงาน)

เพื่อโปรด
- ☑ ทราบและดำเนินการต่อไปด้วย
- ○ พิจารณา
- ○ ลงนาม
- ○ อนุมัติ

ลงชื่อ 12 เม.ย. 2559

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

เรียน คณบดี
ขอแจ้งให้ ผศ.ดร. วิทยา
ดำเนินการแจ้งอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
และนิสิตทราบ เพื่อดำเนินการขอรับรองจริยธรรม
บริหารหลักสูตร ป.โท ทราบ

12 เม.ย. 59

ธรรม-จริยธรรมการ
12 เม.ย. 59

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. 065/2559

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 032.1/59 : ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอร์ทจากแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังและแรงสูงสุด

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 7 เมษายน 2559 **วันหมดอายุ** : 6 เมษายน 2560

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 032.1/59
วันที่รับรอง - 7 เม.ย. 2559
วันหมดอายุ - 6 เม.ย. 2560

เงื่อนไข

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

ภาคผนวก ข
แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

เรื่อง ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านท่าสควอร์ทจากแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังและแรงสูงสุดในเพศชาย

ชื่อ_____นามสกุล_____อายุ_____ปี

ทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ช่องที่เป็นความจริง

1. ท่านมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่เป็นอุปสรรคในการออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก
   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
2. ท่านมีอาการบาดเจ็บรุนแรงที่บริเวณ *หลัง* ก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
3. ท่านมีอาการบาดเจ็บรุนแรงที่บริเวณ *หน้าอก* ก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
4. ท่านมีอาการบาดเจ็บรุนแรงที่บริเวณ *สะโพก* ก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
5. ท่านมีอาการบาดเจ็บรุนแรงที่บริเวณ *เข่า* ก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
   ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

เลขที่โครงการวิจัย 039.1/59
วันที่รับรอง - 7 เม.ย. 2559
วันหมดอายุ - 6 เม.ย. 2560

ภาคผนวก ค
โปรแกรมการทดสอบโปรแกรมการทดสอบ

ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม ทำการฝึกตามตารางการถ่วงดุลลำดับ (Counter balancing) มีทั้งหมด 3 การทดลอง การฝึกออกแรงต้านท่าสควอท แต่ละการทดสอบจะห่างกันการทดสอบละ 1 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน และแต่ละการทดสอบจะทำการทำการสอบโดยการออกแรงต้านท่าสควอท จำนวน 3 ครั้งติดกัน 1 เซต ตามจังหวะที่กำหนดไว้

การทดสอบ A = ฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็วสูงสุดของความสามารถในออกแรงที่ความหนัก 80% ของ 1 RM

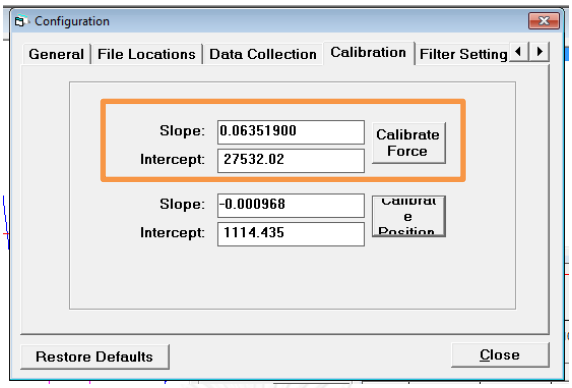
การทดสอบ B = ฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็ว 75% ของความสามารถในออกแรงที่ความหนัก 80% ของ 1 RM

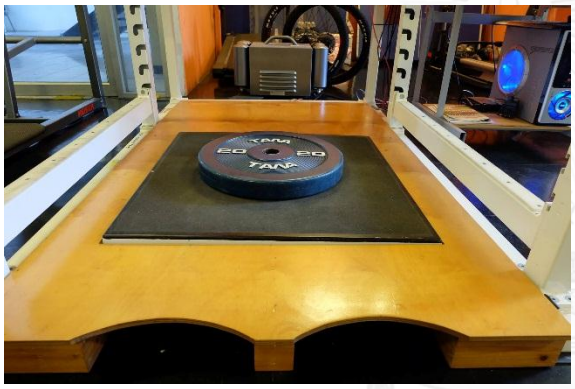
การทดสอบ C = ฝึกด้วยแรงต้านที่ความเร็ว 50% ของความสามารถในออกแรงที่ความหนัก 80% ของ 1 RM

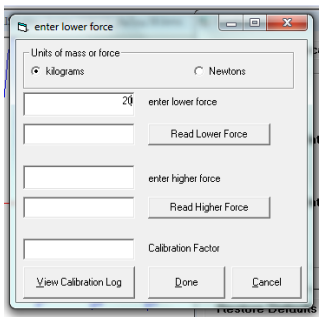
การทดสอบ / **สัปดาห์ที่**	**การทดสอบ A**	**การทดสอบ B**	**การทดสอบ C**
สัปดาห์ที่ 1	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)
สัปดาห์ที่ 2	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)
สัปดาห์ที่ 3	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 21-30 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 1-10 (จำนวน 10 คน)	ผู้เข้าร่วมวิจัยลำดับที่ 11-20 (จำนวน 10 คน)

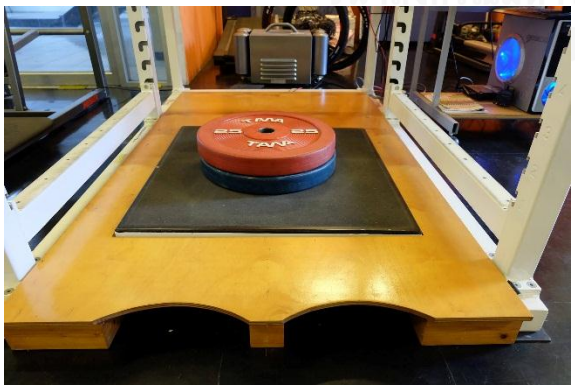
ภาคผนวก ง การเตรียมความพร้อมก่อนทำการทดสอบ

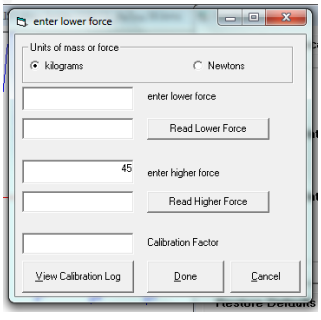
1. Force Calibration



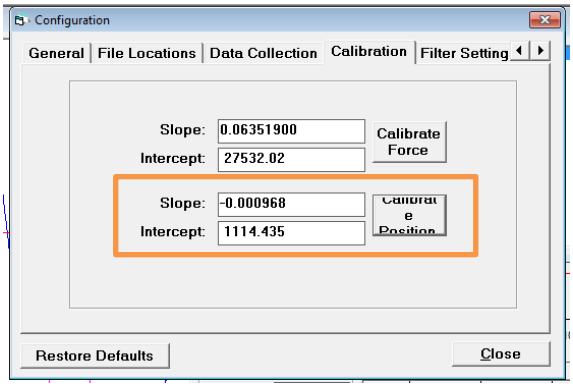


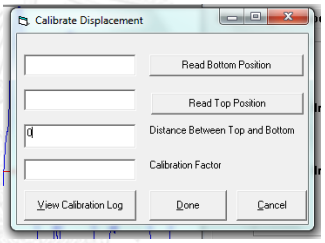


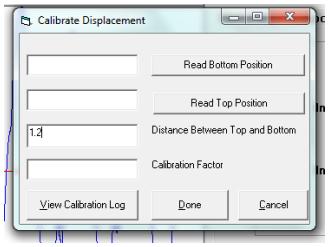




2. Displacement Calibration







จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
วิธีการทดสอบวิธีการหาน้ำหนัก 1 RM และการหาความเร็วในการทดสอบ

ผู้วิจัยทำการทดสอบหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาสูงสุด (1 RM Test) และหาค่าความเร็วสูงสุดขณะออกแรงด้วยเครื่องออกกาลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat และสร้างความคุ้นเคยในการใช้เครื่องมือ ก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์แก่ผู้ร่วมวิจัย

1. เริ่มต้นด้วยการให้ผู้ร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานเป็นเวลา 5 นาที ที่ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควบคุมจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart rate monitor) และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อม ต่อจากนั้นให้ผู้ร่วมวิจัยทดลองยกที่น้ำหนักเท่าน้ำหนักตัวโดยเครื่องแรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat ประมาณ 14-16 ครั้ง เพื่อเตรียมพร้อม
2. ผู้ร่วมวิจัยยืนตัวตรง มองไปด้านหน้า มือทั้งสองข้างจับที่จับ ให้ผู้เข้าทดสอบงอเข่าทั้งสองข้าง 90 องศา การวัดองศาการเคลื่อนไหวของมุมหัวเข่าโดย Goniometer เริ่มทดสอบโดยใช้น้ำหนักเท่ากับน้ำหนักตัวของผู้ร่วมวิจัย
3. หลังจากนั้นให้ผู้เข้าทดสอบยืดตัวขึ้นให้ตัวตรงโดยให้ขาทั้งสองข้างยืดสุด หลังจากนั้นค่อยๆเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 10 % ของน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (ทำการทดสอบภายในการเพิ่มน้ำหนัก 4-5 ครั้ง) จนกระทั่งผู้ทดสอบสามารถยกได้ 4 ครั้ง เพื่อนำน้ำหนักที่ยกได้มาใช้ในการคำนวณหา 1 RM
4. ระยะเวลาพักอย่างน้อย 5 นาทีต่อการทดสอบ แต่ถ้าหากทดสอบเกิน 5 ครั้ง ทำการพัก 30 นาทีแล้วเริ่มทดสอบอีกครั้งต่อจากน้ำหนักล่าสุดที่สามารถทำได้ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณด้วยสมการของ Epley (Reynolds et al., 2006)

$$1\text{RM} = \text{Weight}\left[1 + \frac{4}{30}\right]$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการการหาความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

1. นำ Linear Position Transducer ติดตรงส่วน bracket ด้านซ้าย โดยให้ Linear Position Transducer เป็นเส้นตรงแนวตั้ง ดังภาพ

2. ก่อนการทดสอบให้ผู้ร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานเป็นเวลา 5 นาที ที่ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควบคุมจากเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายและทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อม
3. ต่อจากนั้นให้ทดลองยกที่น้ำหนักเท่าน้ำหนักตัวโดยเครื่องแรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser’s Air 300 Squat ประมาณ 14-16 ครั้ง
4. ทดสอบหาความเร็วสุงสุดโดยใช้น้ำหนักที่ 80% ของ 1RM แต่ละการทดสอบจะทำการทดสอบโดยการออกแรงต้านท่าสควอทจำนวน 3 ครั้งติดกัน ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser’s Air 300 Squat โดยนำค่าสูงสุดที่ได้จากการทดสอบมาคำนวนร้อยละของความเร็วในขั้นตอนต่อไป

ท่าเริ่มต้น

ท่าสิ้นสุดการปฏิบัติ

วิธีการการคำนวณหาความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่าง

จากการทดสอบวัดความเร็วสูงสุดของการยกด้วยน้ำหนัก 80% ของ 1RM ของนาย ก.

พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของการออกแรงอยู่ที่ 0.77 m/s.

ระยะทางที่ในการเคลื่อนที่ของบาร์ 0.25 m.

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของบาร์ 0.67 s.

จังหวะที่ใช้ยก คือ 60/0.67=89.25 ~ 90bpm.

ดังนั้น

จังหวะในการออกแรง ที่ 100% คือ 90 bpm

จังหวะในการออกแรง ที่ 75% คือ 68 bpm

จังหวะในการออกแรง ที่ 50% คือ 45 bpm

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ
วิธีการทดสอบพลังสูงสุดและแรงสูงสุด

ท่าเริ่มต้น

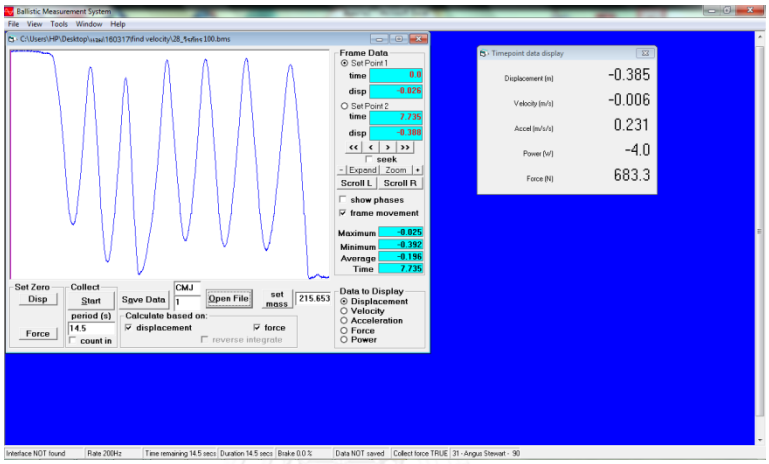
ท่าสิ้นสุดการปฏิบัติ

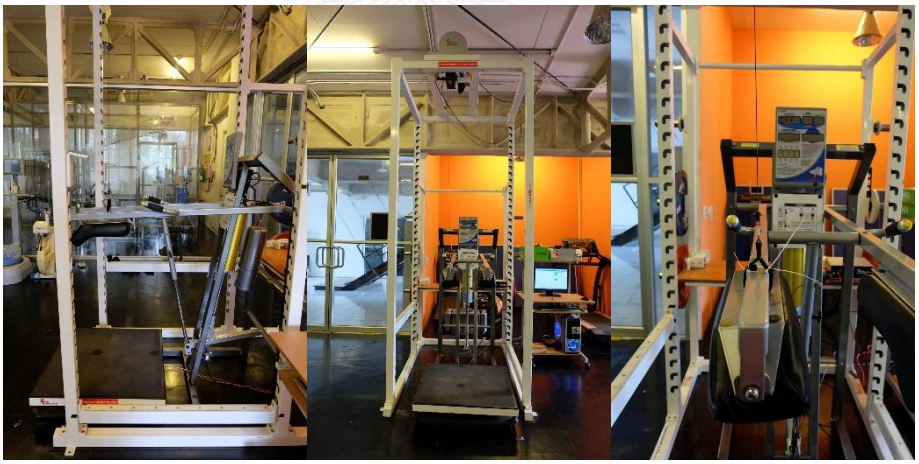
นำเครื่องฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศมาประกอบกับเครื่อง FT700 โดยการนำแท่นวัดแรงวางไว้บนฐานและติดที่วัดความเร็วของการเคลื่อนไหวติดไว้บนคานของเครื่องฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศ หลังจากนั้นให้ผู้ร่วมวิจัยเริ่มการทดลองโดยตั้งท่าให้หัวเข่ามีมุม 90° หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย ออกแรงท่าสควอร์ทตามจังหวะที่กำหนด ค่าแรงและพลังที่ได้จะแสดงผลในโปรแกรม Ballistic Measurement System โดยใช้น้ำหนักที่ 80% ของ 1RM ด้วยเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงดันอากาศ Keiser's Air 300 Squat โดยที่นำแท่นวัดแรงรุ่น 400S (400 Series force plate) มาวางไว้บนฐานของเครื่อง Keiser's Air 300 Squat เพื่อที่จะบันทึกข้อมูลขณะทำการทดสอบ รวมแล้วใช้เวลาทดสอบแต่ละครั้งประมาณ 30 นาที นำผลการทดสอบที่ได้ คือ พลังและแรงมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยนำค่าสูงสุดมาใช้วิเคราะห์ผล ซึ่งเป็นช่วงจังหวะเดียวกันขณะที่ผู้ร่วมวิจัยออกแรงปฏิบัติท่าสควอทแรงที่กระทำกับแท่นวัดแรงมีค่าพลังสูงสุดและแรงสูงสุด โดยมีการควบคุมความเร็วของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบโดยการใช้เสียงจังหวะจากเมโทรโนมและมีการตรวจสอบความเร็วของการทดสอบหลังการทดสอบทุกครั้ง ถ้าหากมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 10% ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งหลังจากพัก 30 นาที

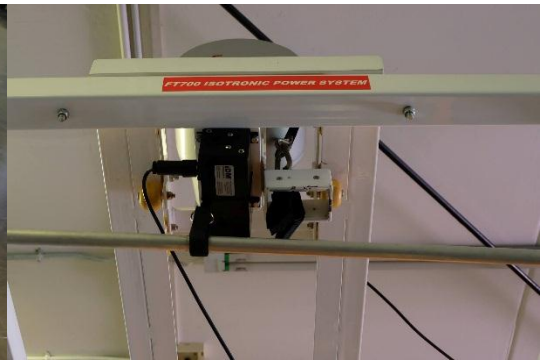
ภาคผนวก ช
อุปกรณ์ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรม Ballistic Measurement System และ เครื่อง FT700 POWER CAGE ประเทศออสเตรเลีย







เครื่องชั่งน้ำหนักตัว วัดส่วนสูง และวัดองค์ประกอบของร่างกาย ยี่ห้อ ioi

ประเทศเกาหลีใต้

วิธีการใช้

ให้ผู้ทดสอบยืนนิ่งบนเครื่องวัดสักครู่ ค่าที่จะปรากฏบนหน้าจอแสดงผล

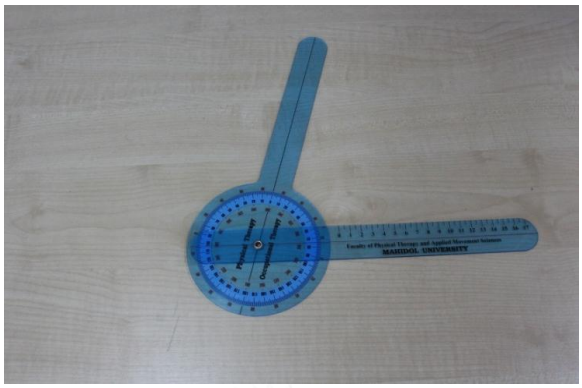
เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงอันอากาศ ยี่ห้อ ไกเซอร์ รุ่น Air 300 Squat

ประเทศสหรัฐอเมริกา

วิธีการใช้

ให้คานทั้งสองข้างบริเวณบ่า มุมของหัวเข่าเป็นมุมฉาก แอ่นอก หลังตรง ออกแรงเหยียดตัวเข่าไม่ตึงจนเกินไป

เครื่องมือวัดมุมข้อต่อ (Goniometer)



วิธีใช้

ใช้วัดมุมหัวเข่าก่อนการทดสอบ โดยให้มุมหัวเข่าอยู่ที่ 90° โดยมุมของที่วัดกาง 90°

เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

ประเทศฟินแลนด์

วิธีใช้

ใส่แถบคาดหน้าอกให้พอดีตัว ค่าอัตราการเต้นของหัวจำจะแสดงผลบนหน้าปัดนาฬิกา

แอพลิเคชั่น Pro Metronome Version 3.13.2 ©2014 EUMLab, Xanin Tech. GmbH. ประเทศจีน

จักรยานวัดงาน ยี่ห้อโมนาค รุ่น 894 e

ประเทศโปแลนด์

วิธีใช้

ใช้ก่อนการทดสอบเพื่ออบอุ่นร่างกาย โดยที่กำหนดให้อัตราการเต้นของหัวใจ อยู่ที่ 60% ของการเต้นสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายร่วม

ภาคผนวก ซ

แบบบันทึกผล

No._____

ข้อมูลทั่วไป

อายุ_____ปี

ชั้นปี_____คณะ_____

น้ำหนัก_____กิโลกรัม

ส่วนสูง_____เซนติเมตร

ดัชนีมวลกาย_____กิโลกรัม/เมตร^2

%ไขมันในร่างกาย_____

การทดสอบ 1 RM

น้ำหนักที่ยกได้_____กิโลกรัม จำนวนครั้งที่ทำได้_____ครั้ง

ค่า 1 RM ที่ได้_____กิโลกรัม สูตรที่ใช้ น้ำหนักที่ยกได้*(1+ (จำนวนครั้งที่ยกได้/30))

ค่า 80% ของ 1RM ที่ได้_____กิโลกรัม

การหาความเร็วสูงสุดค่า 80% ของ 1RM

ค่า 80% ของ 1RM ที่ใช้_____กิโลกรัม

ความเร็วเฉลี่ย_____เมตร/วินาที

ค่าสูงสุด_____เมตร/วินาที

ค่าต่ำสุด_____เมตร/วินาที

ความเร็วที่ได้ (m/s.)		
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำนักที่ใช้_____กิโลกรัม

%ความเร็ว	**ความเร็วที่ใช้** (m/s.)	**จังหวะที่ใช้** (bpm.)	Force		Power	
			Peak (N.)	Average (N.)	Peak (Watt.)	Average (Watt.)
100						
75						
50						

หมายเหตุ

_____

_____

_____

_____

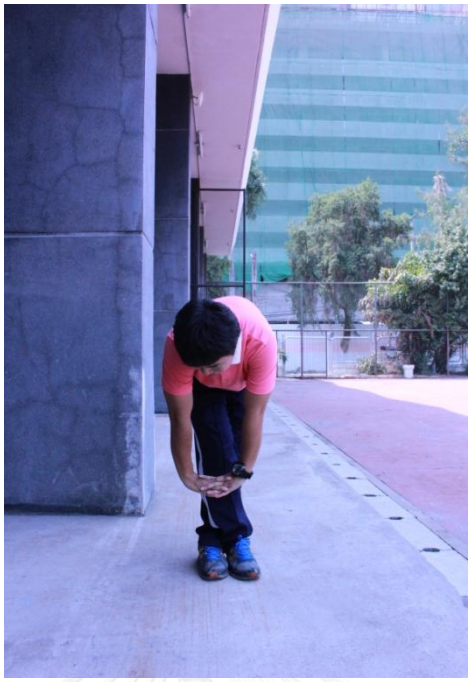
_____

ภาคผนวก ฌ

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อขา

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 1

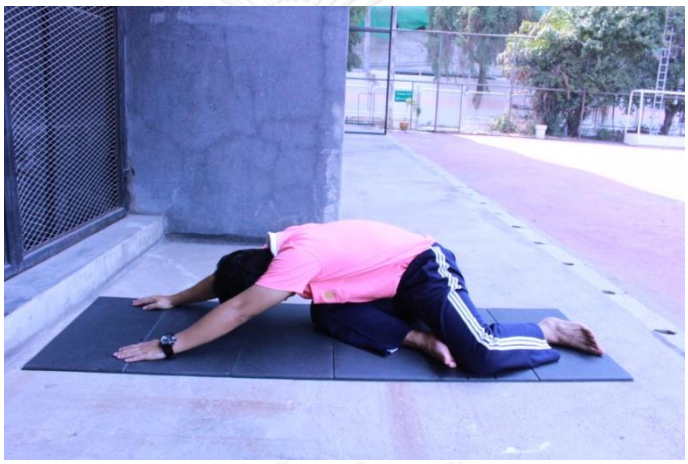
ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 2



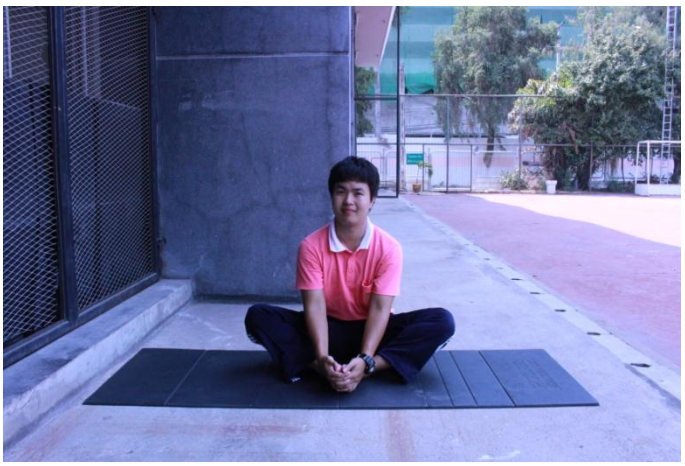
ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 3

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 4

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 5



ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 6



ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 7

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 8

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อท่าที่ 9

ภาคผนวก ญ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการทดสอบแบบประเมินเนื้อหา

ของโปรแกรมการทดสอบ IOC

1.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
2. อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม	อาจารย์ประจำสถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตสมุทรสาคร
3. อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันพลศึกษาวิทยาเขตกรุงเทพและผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย
4.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ
บันทึกข้อความขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน หน่วยจัดการศึกษา งานวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โทร. 81011

ที่ ศธ 0512.24 (วช) **วันที่** มีนาคม 2559

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย

เรียน คณบดี ผ่านรองคณบดี (ผศ.ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

ด้วยข้าพเจ้า นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์ นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ 2 แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลฉับพลันของการฝึกแรงต้านจากแรงดันอากาศแบบกำหนดความเร็วต่อพลังและแรงสูงสุด” ภายใต้การควบคุมของ อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เพื่อให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี ในการนี้จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ใช้ห้อง 2108 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ระหว่างเวลา 09.00-17.00 น. และขอความอนุเคราะห์ยืมอุปกรณ์สำหรับใช้การเก็บข้อมูลงานวิจัย ในระหว่างวันที่ 21 มีนาคม 2559 ถึงวันที่ 29 เมษายน 2559 โดยมีรายการดังต่อไปนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนักตัว วัดส่วนสูง และวัดองค์ประกอบของร่างกาย
2. เครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านจากแรงอันอากาศ ยี่ห้อ ไกเซอร์ รุ่น Air 300 Squat
3. แท่นวัดแรงรุ่น 400S (400 Series force plate)
4. เครื่อง FT700
5. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
6. จักรยานวัดงาน
7. เครื่องมือวัดมุมข้อต่อ (Goniometer)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป และหากวัสดุอุปกรณ์ ชำรุด เสียหาย ข้าพเจ้ายินดีชดใช้ให้ตามความเหมาะสม จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

.....	.....
(อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ)	(นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิชชาภา คนธสิงห์ เกิดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2534 ที่อยู่บัจจุบัน 217 หมู่ 3 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนเทศบาล 6 นครเชียงราย จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ปีการศึกษา 2556 ปัจจุบันกำลังศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University