

## ผลของการฝึกด้วยแรงต้านความหนักต่ำร่วมกับความหนักสูงที่มีต่อความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อขา

### The Effects of Combined Low and High Intensity Resistance Training on Leg Muscle Strength and Power

อดิศักดิ์ สาบวช\*

อภิสิทธิ์ เทียนทอง\*\* นิรอมลี มะกาเจ\*\*\* จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี\*\*\*\*

วันตอบรับ 1 ธันวาคม 2562

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้านความหนักต่ำร่วมกับความหนักสูงที่มีต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา อาสาสมัครเป็นเพศชาย จำนวน 29 คน อายุระหว่าง 19-22 ปี ถูกสุ่มอย่างง่ายออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 60% 1RM จำนวน 3 เซตๆ ละ 15 ครั้ง โดยให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ พักระหว่างเซต 30 วินาที จำนวน 10 คน กลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 80% 1RM จำนวน 7 เซตๆ ละ 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 2 นาที จำนวน 10 คน และกลุ่มที่ 3 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM จำนวน 2 เซต เริ่มต้นฝึกที่ความหนัก 60% 1RM จำนวน 15 ครั้ง โดยให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ หลังจากนั้นเพิ่มน้ำหนักเป็น 80% 1RM แล้วปฏิบัติต่ออีก 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที จำนวน 9 คน โดยใช้เวลาการฝึก 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังงานกล้ามเนื้อขาจากความสูงของการกระโดดในแนวตั้ง และความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขา ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มที่ 1 มีพลังกล้ามเนื้อขาจากการทดสอบความสูงของการกระโดดในแนวตั้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังกล้ามเนื้อขาในกลุ่มที่ 2 และ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 นอกจากนี้ยังไม่มี

\*นิสิตวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

\*\*รองศาสตราจารย์ ดร. \*\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. \*\*\*\*อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ติดต่อผู้วิจัย อดิศักดิ์ สาบวช E-mail: Gerrard\_ss5@hotmail.com มือถือ 061-7317774

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังกล้ามเนื้อเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาในท่าสควอททั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม จากผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการฝึกทั้ง 3 โปรแกรมสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขาได้ไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** การฝึกด้วยแรงต้าน, การฝึกแบบผสมผสาน, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, พลังกล้ามเนื้อ

## Abstracts

The objectives of this study were compared the effects of combined low and high intensity resistance training on legs muscle strength and power. Twenty-nine male, 19–22 years old were assigned randomly to 3 groups: (1) 3x15 repetitions 60% of one repetition maximum (1RM), 30-second rest interval between sets; (2) 7x5 repetitions 80% 1RM, 2-minute rest interval between sets; (3) 2x15 repetitions 60% 1RM combine with 2x5 repetitions 80% 1RM, 3-minute rest interval between sets. All groups undertook 3 days per week, 8 weeks for training. All groups were measured leg power using vertical jump test and leg strength test prior to and following an eight-week resistance training programs. The results showed that leg power of the first group was significantly increased ( $p < 0.05$ ) after 8 weeks of training. However, there were no significant difference of leg power between before and after 8 weeks of training in the second and the third groups. Moreover, there were no significant differences of leg power between groups. The leg strength of all groups significantly increased ( $p < 0.01$ ) after 8 weeks of training. However, there were no significant differences of leg strength between groups. These results indicate that all training programs are capable enhance of leg power and strength.

**Keywords:** Resistance training, Combine training, Muscle strength, Muscle power

## บทนำ

ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อเป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญและทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขันกีฬาหลายชนิด เช่น ยกน้ำหนัก แอนด์บอล วอลเลย์บอล บาสเกตบอล ฟุตบอลอเมริกันฟุตบอล เป็นต้น (ACSM, 2009; Nogueira et al., 2009) การฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ มีความแตกต่างกันที่ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อหรือความเร็วในการเคลื่อนไหวขณะฝึก ซึ่งการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้นต้องมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วร่วมกับความหนักในการฝึกที่เหมาะสม (ACSM, 2009; Behm and Sale, 1993) นอกจากนี้ยังพบว่า

รูปแบบของการฝึกด้วยแรงต้านที่แตกต่างกัน เช่น ความหนักในการฝึก ปริมาณการฝึก (total volume) (Peterson et al., 2005; ACSM, 2009) และเวลาพักระหว่างเซต (Willardson, 2006; ACSM, 2009) จะส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันอีกด้วย เนื่องจากรูปแบบของการฝึกด้วยแรงต้านที่แตกต่างกัน มีผลต่อการปรับตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อการฝึกแตกต่างกันด้วย การฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อจะมีผลต่อการกระตุ้นและพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (fast-twitch fibers) ขณะที่การฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาความทนทานของกล้ามเนื้อจะมีผลต่อการกระตุ้นและพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (slow-twitch fibers) (Costill et al., 1976; Saltin et al., 1977) วิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนะโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ไว้ว่าควรฝึกด้วยแรงต้านด้วยความหนัก 75-85 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (one-repetition maximum, % 1RM) จำนวน 1-3 ครั้งต่อเซต และโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ควรฝึกด้วยความหนัก 60% 1RM จำนวน 3-6 ครั้งต่อเซต ด้วยการเคลื่อนไหวขณะการฝึกอย่างรวดเร็ว จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Izquierdo et al., (2002) เกี่ยวกับความหนักของการฝึกด้วยแรงต้านต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย ในนักกีฬายกน้ำหนักและนักกีฬาแฮนด์บอล พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนัก 30-40% 1RM มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย และการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักที่ 45-60% 1RM มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Badillo et al., (2005) รายงานว่า การฝึกด้วยแรงต้านความหนักปานกลาง (60-80% 1RM) จำนวนครั้งมาก (high repetition) ระยะเวลา 10 สัปดาห์ มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในท่าสแนทช์ (snatch) ท่าคลีนแอนด์เจอร์ค (clean and jerk) และท่าสควอท (squat) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่การฝึกด้วยแรงต้านความหนักต่ำ (40-60% 1RM) จำนวนครั้งมาก และความหนักสูง (90-100% 1RM) จำนวนครั้งน้อย (low repetition) และในปี 2006 Badillo et al., (2005) รายงานว่าการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 60-70% 1RM จำนวน 15 ครั้ง มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีในนักกีฬายกน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับที่การฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 80-90% 1RM จำนวน 5 ครั้ง เนื่องจากผู้ฝึกสามารถปฏิบัติท่าทางได้ถูกต้องและไม่มีการบาดเจ็บระหว่างการฝึก

จากการศึกษาที่ผ่านมา เกี่ยวกับการออกแบบโปรแกรมการฝึกจะมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหรือพลังกล้ามเนื้อเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งยังไม่พบการออกแบบโปรแกรมการฝึกที่จะมุ่งเน้นพัฒนาสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อไปพร้อมๆกัน อีกทั้งการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ย่อมมีความแตกต่างในเรื่องของความหนักในการฝึก จำนวนครั้ง จำนวนเซต และปริมาณการฝึก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามไม่พบว่าการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการควบคุมปริมาณการฝึกของแต่ละกลุ่มให้เท่ากัน จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะ

ออกแบบและศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านความหนักต่ำร่วมกับความหนักสูงที่มีต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านความหนักต่ำร่วมกับความหนักสูงต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขา

### วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นคนเพศชายที่ออกกำลังกายด้วยแรงต้าน อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลาติดต่อกันนาน 1 ปี และไม่มีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูก อายุระหว่าง 19-22 ปี จำนวน 29 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)

### ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ทำการทดสอบสมรรถภาพพื้นฐานได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ความดันโลหิต ชีพจรขณะพัก และร้อยละของไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อในร่างกาย
2. ทำการทดสอบความสูงการกระโดดในแนวตั้งและน้ำหนักสูงสุดที่ปฏิบัติได้ครั้งเดียวในท่าสควอทก่อนได้รับการฝึก
3. อาสาสมัครทั้งหมด 29 คน ถูกจัดเข้ากลุ่ม ทั้งหมด 3 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 60% 1RM จำนวน 3 เซตๆ ละ 15 ครั้ง โดยให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ พักระหว่างเซต 30 วินาที กลุ่มที่ 2 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 80% 1RM จำนวน 7 เซตๆ ละ 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 2 นาที และกลุ่มที่ 3 ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านความหนัก 60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM จำนวน 2 เซต เริ่มต้นฝึกที่ความหนัก 60% 1RM จำนวน 15 ครั้ง โดยให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ หลังจากนั้นเพิ่มน้ำหนักให้ครบ 80% 1RM แล้วปฏิบัติต่ออีก 5 ครั้ง พักระหว่างเซต 3 นาที ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยควบคุมปริมาณการฝึกให้ใกล้เคียงกันในแต่ละกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ปริมาณการฝึกเท่ากับ 2,700 กลุ่มที่ 2 ปริมาณการฝึกเท่ากับ 2,800 และกลุ่มที่ 3 ปริมาณการฝึกเท่ากับ 2,600
4. ทำการทดสอบความสูงการกระโดดในแนวตั้งและน้ำหนักสูงสุดที่ปฏิบัติได้ครั้งเดียวในท่าสควอทหลังได้รับการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แล้วนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความดันโลหิต ชีพจรขณะพัก ร้อยละของไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อในร่างกาย

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบสองมิติ (repeated measures in two-dimensional design) โดยใช้สถิติ two-way analysis of variance with repeated measure เพื่อทดสอบผลกระทบที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาของการวัดกับโปรแกรมการฝึก

3. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร

|                                      | 60% 1RM<br>(n=10) | 80% 1RM<br>(n=10) | 60% 1RM ร่วมกับ<br>80% 1RM<br>(n=9) |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| อายุ (ปี)                            | 19.90 ± 0.73      | 19.80 ± 0.63      | 20.11 ± 1.05                        |
| น้ำหนัก (กก.)                        | 67.09 ± 8.03      | 72.31 ± 5.97      | 72.61 ± 14.80                       |
| ส่วนสูง (ซม.)                        | 174.00 ± 3.77     | 174.10 ± 5.97     | 174.66 ± 7.53                       |
| มวลกล้ามเนื้อ (กก.)                  | 32.82 ± 3.28      | 33.70 ± 3.81      | 34.35 ± 6.01                        |
| มวลไขมัน (กก.)                       | 9.28 ± 3.32       | 13.91 ± 6.81      | 12.13 ± 5.42                        |
| ดัชนีมวลกาย (กก./เมตร <sup>2</sup> ) | 22.47 ± 2.93      | 23.95 ± 2.73      | 23.67 ± 3.80                        |
| ร้อยละไขมัน                          | 13.73 ± 3.20      | 18.76 ± 8.75      | 16.51 ± 5.27                        |

ตารางที่ 2 ค่าความสูงการกระโดดในแนวตั้ง

|                         | ความสูงการกระโดดในแนวตั้ง (ซม.) |                      | p-value |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------|---------|
|                         | ก่อนการฝึก                      | หลังการฝึก 8 สัปดาห์ |         |
| 60% 1RM                 | 57.20 ± 7.04                    | 63.30 ± 5.84         | 0.05    |
| 80% 1RM                 | 52.90 ± 11.60                   | 58.65 ± 11.90        | 0.13    |
| 60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM | 55.72 ± 10.81                   | 59.83 ± 6.06         | 0.26    |

จากตารางที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการฝึกความหนัก 60% 1RM มีพลังกล้ามเนื้อขาโดยการวัดความสูงของการกระโดดในแนวตั้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ที่ 8 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังกล้ามเนื้อขาเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

**ตารางที่ 3** ค่าความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาในท่าสควอท

|                         | ความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขา (กก.) |                      | p-value |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------|
|                         | ก่อนการฝึก                          | หลังการฝึก 8 สัปดาห์ |         |
| 60% 1RM                 | 117.22 ± 29.89                      | 198.34 ± 45.28       | 0.00    |
| 80% 1RM                 | 117.20 ± 18.20                      | 197.99 ± 38.05       | 0.00    |
| 60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM | 113.85 ± 18.06                      | 198.11 ± 35.90       | 0.00    |

จากตารางที่ 3 โปรแกรมการฝึกทั้ง 3 กลุ่ม มีความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาในท่าสควอทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาในท่าสควอทเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

### อภิปรายผล

ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาในท่าสควอท ทั้ง 3 กลุ่ม มีความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาในท่าสควอทเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 การฝึกด้วยแรงต้านสามารถพัฒนาความแข็งแรง ความอดทนและเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ รวมไปถึงสมรรถภาพด้านอื่นๆ ตามเป้าหมายที่วางไว้ (ACSM, 2009; Lee and Farrar, 2003) โดยมีการกำหนด ความหนัก เวลาพัก จำนวนเซต และ ปริมาณการฝึกโดยรวม ในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ใช้ความหนักที่ 60-90% 1RM เวลาพัก 2-5 นาที ฝึกที่ 3-6 เซต โดยงานวิจัยครั้งนี้กำหนดความหนักในการฝึก กลุ่มที่ 1 (60% 1RM) กลุ่มที่ 2 (80% 1RM) และกลุ่มที่ 3 (60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM) ความหนักในการฝึกที่กำหนดทั้ง 3 กลุ่มสอดคล้องกับความหนักในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยความหนักในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องใช้ความหนักที่ 60% 1RM ขึ้นไป (Power, 2001) ทำให้เกิดการกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วที่มีความสามารถในการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีการสะสม เอทีพี-ซีพี และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Aagaard et al., 2002) การวิจัยในครั้งนี้เป็นการฝึกด้วยแรงต้านระยะสั้น 8 สัปดาห์ จึงทำความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นมาจากการปรับตัวของระบบประสาทมากกว่าการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ การปรับตัวของระบบประสาทที่เกิดขึ้นจากการฝึกด้วยแรงต้าน มีผลทำให้การกระตุ้นหน่วยยนต์ (motor unit) เพิ่มขึ้นในระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อ และความถี่ของสัญญาณประสาทเพิ่มขึ้น ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Komi and Buskirk, 1972; Thorstensson et al., 1976) อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาความหนักในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของ Mitchell et al., (2012) พบว่าความหนัก 30-80% 1RM มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ต่างกัน การใช้ความหนักต่ำหรือสูงสามารถทำให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาได้ ดังนั้นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นมาจากการปรับตัวของระบบประสาทมากกว่าการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (Moritani and de Vries, 1979; Komi, 1986) และความหนักที่ใช้ในการฝึก เป็นความหนักที่พอเหมาะต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จึงอาจทำให้ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

พลังกล้ามเนื้อจากการทดสอบหาค่าความสูงในการกระโดดในแนวดิ่ง พบว่ากลุ่มที่ 1 มีความสูงในการกระโดดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 1 (60% 1RM) เคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่สามารถทำได้ ทำให้กล้ามเนื้อยืดหดอย่างรวดเร็วในระหว่างการฝึก การฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา ในท่าสควอท ใช้ความหนักที่ 60% 1RM (Abdessemed et al., 1999) จากการศึกษาของ Hakkinen and Komi (1983) รายงานว่าการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ มีพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น จากการใช้เวลาน้อยลงในการระดมหน่วยยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและเซลล์ประสาทยนต์มีความอดทนเพิ่มขึ้นในการเพิ่มความถี่ของการปล่อยกระแสประสาท เมื่อมีการทำงานร่วมกันได้ดีขึ้น จะทำให้การปล่อยกระแสประสาทดีขึ้นไปด้วย จึงทำให้เกิดการพัฒนาการทำงานประสานกันภายในกล้ามเนื้อหรือมีการทำงานประสานกันมากขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อกับปฏิกิริยารั้งการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของระบบประสาทส่วนกลาง ส่งผลให้มีการพัฒนาการทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงานระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หดตัวออกแรงกับกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงกันข้ามซึ่งทำหน้าที่คลายตัวเป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงได้เร็ว ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ ออกแบบโปรแกรมการฝึกที่ความหนักและความเร็วในการเคลื่อนไหวแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ 2 (80% 1RM) และกลุ่มที่ 3 (60% 1RM ร่วมกับ 80% 1RM) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังฝึกสัปดาห์ที่ 8 อาจเนื่องมาจากในกลุ่มที่ 2 มีการเคลื่อนไหวในการฝึกที่ช้า อาจส่งผลต่อการพัฒนาที่ต่างกันไป นอกจากนี้จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ยังพบว่า ความสูงการกระโดดในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Stone et al., (1992) รายงานว่าการฝึกพัฒนาพลังกล้ามเนื้อต้องมีความเร็วในการฝึก ซึ่งในการฝึกนั้นจะต้องใช้ความเร็วที่เฉพาะกับการทดสอบและเหมาะสม ทั้ง 3 กลุ่ม มีความเฉพาะเจาะจงในรูปแบบการฝึก ที่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา เพราะมีความแข็งแรงเป็นพื้นฐานในการฝึก จึงทำให้เกิดการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ จึงอาจทำให้พลังกล้ามเนื้อขาดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

ควรมีการกำหนดอาสาสมัครให้อยู่ในช่วงความสามารถที่ใกล้เคียงกัน และควบคุมโภชนาการ เพื่อการฟื้นตัวจากการฝึกที่แตกต่างกัน

### ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรเลือกกลุ่มอาสาสมัครที่มีความเฉพาะเจาะจงกับรูปแบบการฝึกต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับชนิดกีฬา และควบคุมปัจจัยอื่นๆ เช่น โภชนาการ และอุณหภูมิ เพื่อลดความแปรปรวนจากปัจจัยภายนอกต่อผลการฝึก

## บรรณานุกรม

- Aagaard, P., Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson, P., and Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal Appl. Physiol*, 93, 1318–1326.
- Abdessemed, D., Duché, P., Hautier, C., Poumarat, G., and Bedu, M. (1999). Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 368-373.
- American College of Sports Medicine position stand. (2009). Progression models in Resistance training for healthy adults. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 30, 975–991.
- Behm, D.G., and Sale, D.G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Med*, 15(6), 374-388.
- Costill, D.L., Evans, J.D.J., Fink, W., and Saltin, G.K.B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of applied physiology*, 40(2), 149-154.
- González-Badillo, J.J., Gorostiaga, E.M., Arellano, R., and Izquierdo, M. (2005). Moderate restraining training volume produces more favorable strength gains than high or low Volumes during a short term training cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 689–697.
- \_\_\_\_\_. (2006). Moderate volume of High relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 73-81.

- Hakkinen, K., and Komi, P.V. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, 15, 455-460.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zunaiga, A., Antoon, A., Larriolan J.L., and Hakkinen, K. (2002). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic Actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiologica Scandinavica* 167, 57-68.
- Komi, P.V. (1986). How important is neural drive for strength and power development in human skeletal muscle? pp. 515-530. *In* B. Saltin (ed.) *Biochemistry of Exercise VI: International Series on Sport Sciences Vol. 16*. Human Kinetics Publishers, USA.
- Komi, P.V., and Buskirk, E. R. (1972). Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, 15(4), 417-434.
- Lee, S. and R.P. Farrar. (2003). Resistance Training induces Muscle specific changes in muscle mass and function in rat, *Journal of Exercise Physiology*, 6(2), 80-87.
- Mitchell, C.J., Churchward-Venne, T.A., West, D.W., Burd, N.A., Breen, L., Baker, S.K., Phillips, S.M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, 113, 71-77.
- Moritani, T., and Devries, H.A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine*, 58, 115-130.
- Nogueira, W., Gentil, P., Mello, S.N., Oliveira, R.J., Bezerra, A.J., and Bottaro, M. (2009). Effects of power training on muscle thickness of older men. *International Journal of Sports Medicine*, 30, 200-204.
- Peterson, M.D., Rhea, M.R., and Alvar, B.A. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for Designing Training prescription. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 950-958.
- Power, K.S., and Howley, T.E. (2001). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, New York.

- Saltin, B., J. Henriksson, E. Nygard, P. Andersen and E. Jansson. 1977. Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary men and endurance runners? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301, 3-29
- Stone, M., O'Bryant, H., Schilling, B., Johnson, R., Pierce, K., Haff, G., Koch, A.J., and Stone, M.E. (1992). Periodization. Part 1: Effects of manipulating volume and intensity. *Strength & Conditioning Research*, 21, 56–62.
- Thorstensson, A., Grimby, G., and Karlsson, J. (1976). Force-velocity and fiber composition in human knee extensor muscle. *Journal of Applied Physiology*, 40, 12-16.
- Willardson, M.J. and Burkett, L.N. (2006). The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs. light loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 396-403.