การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ
ผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

นายกฤตมุข หล่าบรรเทา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

A COMPARISON OF TRAINING EFFECTS BETWEEN DIFFERENT PROPORTION OF COMBINED OF PNEUMATIC AND FREE WEIGHT RESISTANCE ON MUSCULAR STRENGTH AND POWER

Mr. Kittamook La-Bantao

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
Acedemic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ
โดย	นายกฤตมุข หล่าบรรเทา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล)

กฤตมุข หล่าบรรเทา : การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ. (A COMPARISON OF TRAINING EFFECTS BETWEEN DIFFERENT PROPORTION OF COMBINED OF PNEUMATIC AND FREE WEIGHT RESISTANCE ON MUSCULAR STRENGTH AND POWER)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, 136 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 51 คน ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนร่างกาย ก่อนการแบ่งเข้ากลุ่มทดลอง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ออกเป็น 3 กลุ่ม ทั้งสามกลุ่มฝึกที่ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% และกลุ่มทดลองที่ 3 ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ตามวิธีการของแอลเอสดี ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่าง กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างกัน แต่พบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8

สรุปผลการวิจัย การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวตลอดจนพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ไม่แตกต่างกัน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

537 86047 39 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS : COMBINED OF PNEUMATIC AND FREE WEIGHT RESISTANCE / MUSCULAR STRENGTH / MUSCULAR POWER

KITTAMOOK LA-BANTAO : A COMPARISON OF TRAINING EFFECTS BETWEEN DIFFERENT PROPORTION OF COMBINED OF PNEUMATIC AND FREE WEIGHT RESISTANCE ON MUSCULAR STRENGTH AND POWER. ADVISOR : CHAIPAT LAWSIRIRAT, Ph.D, 136 pp.

The purpose of this study was to compare the effects of weight training among different proportions between pneumatic resistance and free weight resistance. Fifty one students from Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, volunteered for the study. The subjects were trained three days a week for eight weeks. The subjects were tested for their strength and power of upper extremities muscles before they were randomly assigned into three groups in order to be trained with different proportion between pneumatic resistance and free weight resistance at their 85% of 1 RM. The proportions between pneumatic resistance and free weight resistance for three groups were as follows: 60:40 for Group 1, 70:30 for Group 2, and 80:20 for Group 3. Strength and power of upper extremities muscles were tested after 4 and 8 weeks of the study. Mean and standard deviation were presented, and one-way analysis of variance was used to test for the differences among the mean between groups. One-way analysis of variance with repeated measures was also used to test for the differences of the mean within groups. If differences were found, LSD was pursued. The level of significance was set at 0.05 throughout the study.

After 4 and 8 weeks of the study, there were no statistical difference between strength and power of upper extremities muscles per body weight among the three groups. However, the results indicated that strength and power of upper extremities muscles per body weight within the three groups were significantly better than those obtained from the study.

Weight training when combined between pneumatic resistance and free weight resistance with these three different proportions can develop greater strength and power of upper extremities muscles per body weight with similar effects.

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

Academic Year : 2011 Advisor's Signature : .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล รวมทั้งคณาจารย์แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬาทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาที่ดี คำแนะนำต่างๆ มากมาย และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยดี ตลอดจนให้ความรู้ ดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ที่นี่

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศุกล อริยสัจสี่สกุล อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์-เสม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และนายสุรศักดิ์ เกิดจันทึก ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา ตลอดจนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

และที่สำคัญ ขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ผู้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือกันตลอด

ด้วยคุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ อีกทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดจนสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

สมมติฐานของงานวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 5

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 5

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก 8

หลักสรีรวิทยาพื้นฐานของกล้ามเนื้อ 12

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 22

แรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหวหรือคงที่ตลอดมุม
การเคลื่อนไหว 28

การฝึกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 39

บทที่		หน้า
	ระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกที่ใช้เวลาสั้น และมีความหนักสูง	50
	แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ	51
	งานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ	57
3	วิธีการดำเนินการวิจัย	66
	กลุ่มตัวอย่าง	66
	เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย	67
	เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย	67
	ขั้นตอนการวิจัย	67
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	69
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	69
	การวิเคราะห์ทางสถิติ	70
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	72
5	สรุปผลการวิจัย อภิปราย และ ข้อเสนอแนะ	99
	สรุปผลการวิจัย	99
	อภิปรายผล	100
	ข้อเสนอแนะ	104
รายการอ้างอิง		105

หน้า

ภาคผนวก 110
ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย 111
ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 113
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอม 118
ภาคผนวก ง แบบคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย 121
ภาคผนวก จ โปรแกรมที่ใช้ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก 124
ภาคผนวก ฉ วิธีการหาน้ำหนัก 126
ภาคผนวก ช เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 128
ภาคผนวก ซ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 133
ภาคผนวก ฌ แบบประเมินองค์ประกอบความตรงเชิงเนื้อหา 134
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนักและการฝึกด้วยแรงต้านจากแรงอัดอากาศ	56
2	ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม	73
3	ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนัก ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3	74
4	ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3	75
5	ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1	76
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1	77
7	ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มทดลองที่ 1	78
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1	79
9	ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1	80

ตารางที่ หน้า

10 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 81

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 82

12 ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มทดลองที่ 2 83

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 84

14 ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 2 85

15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3 86

16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3 87

17 ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มทดลองที่ 3 88

18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3 89

19 ผลการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 3 90

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกราฟของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส	2
2	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงต้านจากอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวทและแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ	3
3	แสดงโครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ	9
4	แสดงโครงสร้างของไมโอไฟบริล	9
5	แสดงกราฟของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส	25
6	แสดงการเปรียบเทียบคิเนติค และคิเนติค ตามทฤษฎีของอุปกรณ์แรงต้านแบบอิสระและแรงต้านจากนิวแมทติค	29
7	แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วในการเตะขึ้น 4 วินาทีและลง 4 วินาที	32
8	แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากขึ้นคือเตะขึ้น 2 วินาทีและลง 2 วินาที	33
9	แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มมากขึ้นคือเตะขึ้น 1 วินาทีและลง 1 วินาที	33
10	แสดงการเตะขาขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด คือเตะขึ้น ½ วินาทีและลง ½ วินาที	34
11	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิด	36
12	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดคู่	37
13	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดเอียง	37
14	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดราบ	38

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 91

2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อของร่างกายส่วนบนต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 92

3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 93

4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 94

5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 95

6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 96

7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3น้ำหนักตัวของกสัปดาห์ 97

8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3 98

บทที่ 1

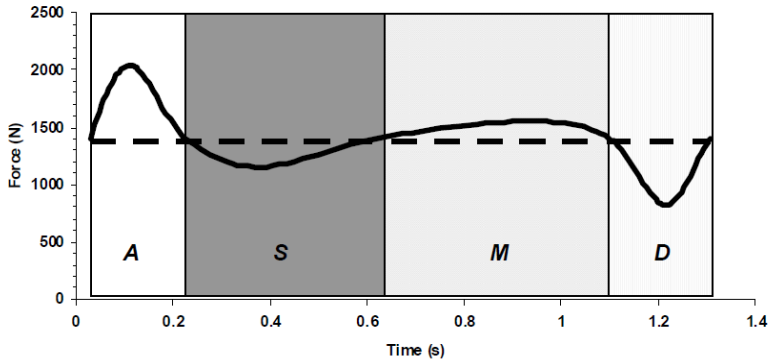
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งที่สำคัญในการออกกำลังกาย การแข่งขันกีฬารวมทั้งการดำรงชีวิตของมนุษย์ การฝึกสมรรถภาพทางกายมีหลายรูปแบบที่จะช่วยพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเพื่อที่จะทำให้สมรรถภาพทางกายเกิดการพัฒนาและสามารถทำให้มนุษย์ประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวันสำเร็จได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การออกกำลังกายที่เพิ่มประสิทธิภาพ ความแข็งแรงในกล้ามเนื้อนั้นมีหลายวิธี วิธีการฝึกด้วยแรงต้านเป็นวิธีการฝึกที่นิยมวิธีหนึ่ง โดยวิธีการฝึกด้วยแรงต้านสามารถเพิ่มความแข็งแรงพลังของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และพัฒนาประสิทธิภาพทางกีฬาได้ (Baker et al., 2001) ท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) เป็นท่าฝึกหนึ่งที่นิยมใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของร่างกายส่วนบน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหน้าอก (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551) ในการฝึกท่าเบนช์ เพรส ผู้ฝึกจะต้องนอนหงายบนเบาะม้านั่งฝึก วางเท้าราบกับพื้นประมาณความกว้างของช่วงไหล่และงอข้อเข่า ศีรษะ ไหล่ และก้น วางชิดอยู่บนเบาะม้านั่งฝึก โดยมือจับบาร์เบลล์จากด้านเหนือศีรษะและเคลื่อนบาร์เบลล์ออกมาให้ตรงกับระดับราวนม ด้วยการจับแบบคว่ำฝ่ามือกว้างกว่าช่วงไหล่เล็กน้อย ข้อศอกชี้ออกไปทางด้านข้าง บาร์เบลล์ควรจะนิ่งและไม่เอียงเมื่อเคลื่อนที่โดยแขนทั้งสองข้างเหยียดตรงขึ้นในแนวดิ่ง จากการศึกษาของ แลนเดอร์ และคณะ (Lander et al., 1985) ที่ได้กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าเบนช์ เพรสด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดแรงสูงสุด ช่วงที่ 2 คือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ เรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ ทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาจะพบว่าในช่วงนี้จะเกิดแรงที่ใช้ในการยกมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) และช่วงสุดท้ายเรียกว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์

เบลล์ ซึ่งจากการยกในท่าเบนช์ เพรส นี้ทำให้เกิดข้อจำกัดในการยกน้ำหนักเนื่องจากแรงที่ใช้ยกเกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ตลอดช่วงคือมีช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) และช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ดังแสดงในภาพที่ 1

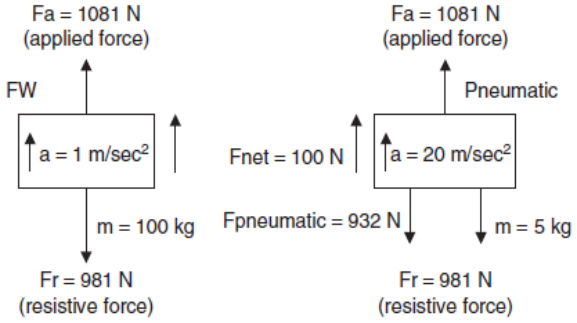


ภาพที่ 1 แสดงกราฟของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) A คือ ช่วงความเร่ง S คือ ช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) M คือ ช่วงความแข็งแรงสูงสุด และ D คือ ช่วงความหน่วง (Lander et al., 1985)

เนื่องจากการฝึกด้วยการใช้แรงต้านด้วยบาร์เบลล์มีแรงที่ใช้ในการยกไม่เท่ากันตลอดช่วงการยก จึงทำให้มีรูปแบบการฝึกใหม่ๆ ที่ทำให้แรงที่ใช้ในการยกเท่ากันตลอดช่วงการยก รูปแบบการฝึกแบบใหม่นี้มีหลายประเภทดังนี้ 1. แรงต้านคงที่ (Constant resistance) 2. แรงต้านแบบผ่อนตาม (Accommodating resistance) และ 3. แรงต้านที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Variable resistance) (Frost et al., 2010) การฝึกรูปแบบใหม่นี้ทำให้เกิดการพัฒนาอุปกรณ์การฝึกที่หลากหลายและมีการใช้แพร่หลายไปทั่วโลก เช่น การฝึกโดยใช้ยางยืด (Elastic bands) มาติดกับอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท (Free weight) ซึ่งนิยมนำมาใช้ฝึกกับนักกีฬากันเป็นจำนวนมาก และสามารถพัฒนาคุณสมบัติทางด้านต่างๆ (Findley, 2004)

นอกจากการฝึกด้วยยางยืดแล้ว ยังมีการฝึกด้วยแรงต้านที่สร้างขึ้นจากแรงอัดอากาศหรือเรียกว่า Pneumatic resistance (Frost et al., 2010) ซึ่งการทำงานของแรงต้านชนิดนี้เกิดจากการสร้างแรงต้านโดยใช้แรงดันของอากาศมาเป็นแรงต้านในการเคลื่อนไหวทั้งแบบคอนเซ็นตริค (Concentric) และเอ็คเซ็นตริค (Eccentric) โดยที่แรงดันอากาศยิ่งสูงมากแรงต้านก็จะยิ่งมีมาก เมื่อมีการเคลื่อนไหวของร่างกายก็จะเกิดแรงกดขึ้น ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและกลายเป็นแรงต้าน ซึ่งการเคลื่อนไหวของร่างกายในลักษณะเอ็คเซ็นตริค (Eccentric) และคอนเซ็นตริค (Concentric) แรงที่ได้ของทั้งสองช่วงนั้นมีความใกล้เคียงกัน (Chandler and Brown, 2007; Frost et al., 2010) เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) ได้พัฒนาเครื่องเทคโนโลยีแรงอัดอากาศ โดยใช้ชื่อว่าเครื่องไกเซอร์ (Keiser) (Keiser, 1981) ซึ่งเครื่องมือนี้ได้นำแรงต้านจากแรงอัดอากาศมาผสมกับแรง

ต้านจากอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวทมารวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าในแรงต้านที่เท่ากัน เมื่อมวลของแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศที่น้อยกว่ามวลของแรงต้านด้วยน้ำหนัก ส่งผลทำให้เวลาออกแรงเกิดความเร่งได้มากกว่า (Frost et al., 2010) เนื่องจากมวลของแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศน้อยกว่ามวลของแรงต้านด้วยน้ำหนัก ทำให้เวลาออกแรงจึงมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่มากกว่า สอดคล้องกับ ฟรอท และคณะ (Frost et al., 2008) ที่ได้ให้ความเห็นว่าการฝึกแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศน่าจะให้ผลดีกว่าการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนัก เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่มีมากกว่า ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว เพราะมวลของแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศน้อยกว่ามวลของแรงต้านด้วยน้ำหนักในขณะที่ออกแรงในปริมาณที่เท่ากัน



ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงต้านจากอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวทและแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ โดยมีแรงต้านที่เท่ากัน (Frost et al., 2010)

จากการเปรียบเทียบการใช้แรงต้านจากเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทและแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ ทำให้เกิดความแตกต่างกันโดยที่การยกด้วยน้ำหนักในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) มีข้อจำกัดคือมีช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) และช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ส่วนการใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศช่วงของแรงจะเกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว ดังนั้นแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศจะช่วยเสริมข้อด้อยของแรงต้านด้วยน้ำหนักในช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) และช่วงความหน่วง (The deceleration phase) เนื่องจากการใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศจะช่วยเอาชนะแรงต้านด้วยน้ำหนัก เพราะการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักก่อให้เกิดช่วงของความหน่วง 67% ของช่วงคอนเซ็นตริค ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริคหายไป 19.4% ของความแข็งแรงสูงสุด (Baker, 2001) เมื่อมีแรงต้านจากแรงอัดอากาศจะช่วยทำให้ปรับแรงต้านในขณะการเคลื่อนไหวให้เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อ ตลอดจนช่วยชดเชยความเร่งที่เสียไป (Frost et al., 2010) และจากงานวิจัยของ วิลสัน (Wilson, 1994) ที่กล่าวว่า ระบบแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ จะช่วยทำให้แรง

ที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเอ็คเซ็นตริค (Eccentric) และคอนเซ็นตริค (Concentric) เกิดแรงขึ้นคงที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจว่าถ้าหากนำแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศมาผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร โดยผู้วิจัยมีความต้องการที่จะเปรียบเทียบการฝึกโดยใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศกับแรงต้านด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบคือ การใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ในกลุ่มทดลองที่ 1 สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ในกลุ่มทดลองที่ 2 และสัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ในกลุ่มทดลองที่ 3 ว่าจะส่งผลต่อความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้ออย่างไร โดยใช้การฝึกในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาร่างกายส่วนบน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหน้าอก (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551) เพื่อเป็นทางเลือกตลอดจนแนวทางที่จะนำไปใช้ในการฝึกเพื่อเสริมสร้างและพัฒนาสมรรถภาพทางกายให้ดีเพิ่มมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกสัดส่วนดังกล่าวข้างต้นโดยเลือกใช้ในสัดส่วนของแรงต้านจากแรงอัดอากาศที่มากกว่า 50% เมื่อเทียบกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ไม่ใช่นักกีฬา จึงต้องการป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในระดับแตกต่างกัน 3 รูปแบบที่จะส่งผลต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

คำถามการวิจัย

การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานของการวิจัย

การใช้สัดส่วนระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อที่ต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ โดยฝึกกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายในท่าเบนช์ เพรส อย่างเดียว ในนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 60 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึกโดยใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ดังนี้

-ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ของ 1 อาร์เอ็ม

-ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ของ 1 อาร์เอ็ม

-ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม

2.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

2.2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว

2.2.2 พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว

ข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจและมีข้อตกลงเบื้องต้นกับกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มถึงการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันทั้งสามรูปแบบโดยมีการฝึกสามครั้งต่อสัปดาห์คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ โดยกำหนดให้กลุ่มทดลองฝึกตามสัดส่วนของการฝึกที่แตกต่างกัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมกิจกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวันได้ เช่น การรับประทานอาหาร การพักผ่อนของกลุ่มตัวอย่าง เป็นต้น แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการตกลงและขอร้องไม่ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือจากโปรแกรมการฝึก ผลที่ได้จึงถือเป็นผลจากการวิจัยครั้งนี้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Combination of pneumatic and free weight resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวท (Free weight machine) ที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ (Pneumatic resistance) ผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Free weight) ในที่นี้หมายถึงเครื่องที่มีชื่อว่าไกเซอร์ (Keiser) ซึ่งในการวิจัยจะใช้การฝึกในท่าเบนช์ เพรส (Bench press)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (Upper body muscular strength per body weight) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดเพื่อเอาชนะแรงต้าน โดยออกแรงยกด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าเบ็นท์ เพรส (Bench press) แล้วนำค่าที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัว

พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (Upper body muscular power per body weight) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดในการทำงานหนึ่งครั้งอย่างทันทีทันใดด้วยความเร็วและแรงที่สูงสุด ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาถึงพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย ในท่าเบ็นท์ เพรส (Bench press) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม

แรงต้านด้วยน้ำหนัก (Free weight resistance) หมายถึง ปริมาณน้ำหนักซึ่งต้านการออกแรงยกน้ำหนักขึ้นในแนวดิ่ง ในการวิจัยครั้งนี้คือ บาร์เบลล์ และแผ่นน้ำหนักขนาดต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

แรงต้านจากแรงอัดอากาศ (Pneumatic resistance) หมายถึง ปริมาณน้ำหนักของแรงอัดของอากาศซึ่งเกิดจากผู้ควบคุมปรับให้มีความหนัก เบา ก่อนการยกน้ำหนักขึ้นในแนวดิ่งจากแป้นเหยียบบริเวณฐานของเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักไปพัฒนาเพื่อให้เกิดความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ
2. มีรูปแบบของการฝึกที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ
3. เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางเลือกให้กับผู้ฝึกสอนหรือโค้ชในการฝึกนักกีฬาต่อไปในอนาคตได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก
2. หลักสรีรวิทยาพื้นฐานของกล้ามเนื้อ
3. องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
4. แรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว หรือคงที่ตลอดมุมการเคลื่อนไหว
5. การฝึกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
    5.1 ความแข็งแรง
    5.2 พลังกล้ามเนื้อ
6. ระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกที่ใช้เวลาสั้น และมีความหนักสูง
7. แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยในต่างประเทศ

การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก (Muscles respond to training)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์การกีฬาที่เกี่ยวกับการฝึกและนำมาประยุกต์ได้อย่างถูกต้องมากเท่าไหร่ ก็จะสามารถพัฒนาความแข็งแรงและความสามารถในการเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้อธิบายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการฝึกไว้ดังนี้

โครงสร้างของร่างกาย (Structure of the body)

โครงร่างมนุษย์นั้นถูกสร้างด้วยโครงกระดูก โดยจุดเชื่อมระหว่างกระดูกจะเรียกว่า ข้อต่อ (Joint) ซึ่งจะถูกยึดไว้ด้วยเนื้อเยื่อเป็นแผ่นเหนียวที่เรียกว่า เอ็นยึดข้อต่อ (Ligament) และโครงกระดูกเหล่านี้จะถูกปกคลุมด้วยกล้ามเนื้อ 655 มัด ซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักร่างกาย โดยสิ่งที่ยึดกล้ามเนื้อกับกระดูกจะเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเหนียวแน่นที่เรียกว่าเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) ดังนั้นความตึงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อจะส่งผ่านไปยังกระดูกโดยผ่านเอ็นกล้ามเนื้อ เพราะฉะนั้นยิ่งเกิดความตึงในกล้ามเนื้อมากเท่าไหร่ ก็ยิ่งเกิดแรงดึงต่อเอ็นกล้ามเนื้อมากเท่านั้น และผลที่สุดก็คือ ยิ่งทำให้รยางค์เคลื่อนที่ด้วยแรงมากยิ่งขึ้นนั้นเอง

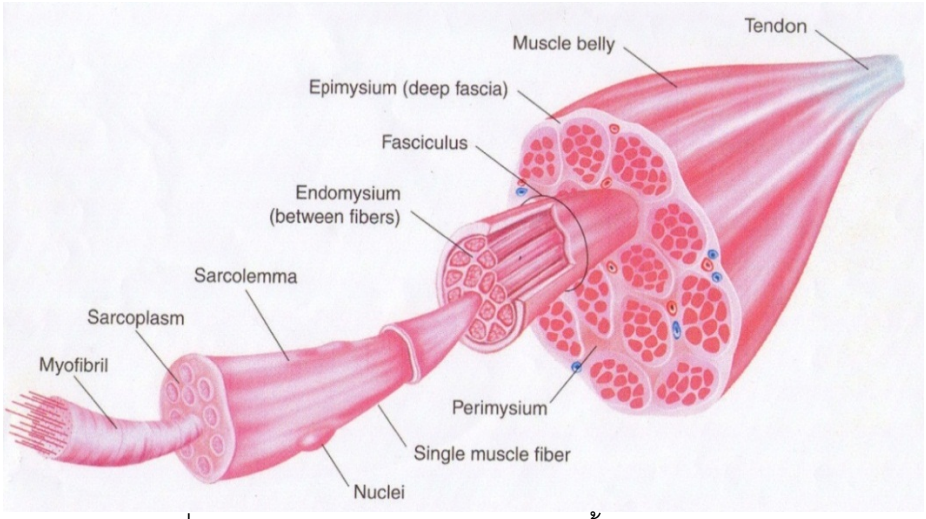
การควบคุมของกล้ามเนื้อด้วยระบบประสาท (Nerve supply to muscles)

กล้ามเนื้อจะถูกควบคุมด้วยประสาทยนต์ (Motor nerves) และประสาทสัมผัส (Sensory nerves) ประสาทยนต์จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเคลื่อนไหว โดยแต่ละประสาทยนต์จะส่งกระแสประสาท จากระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) ไปยังจุดหมายบนเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) ที่เรียกว่า มอเตอร์เอนเพลต (Motor end plate) เป็นผลให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ส่วนประสาทสัมผัส จะทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับความปวด (Pain) และข้อมูลจากการกำหนดทิศทาง หรือตำแหน่งของร่างกาย (Body orientation) ไปยังระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฮคคิเนน อลัน และ โคมิ (Hakkinen, Alan and Komi, 1985) กล่าวว่า การเกิดการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptation) จะสัมพันธ์กับความบ่อยในการสั่งการกล้ามเนื้อ และสัมพันธ์กับรูปแบบของการสั่งการที่เคยเกิดขึ้น

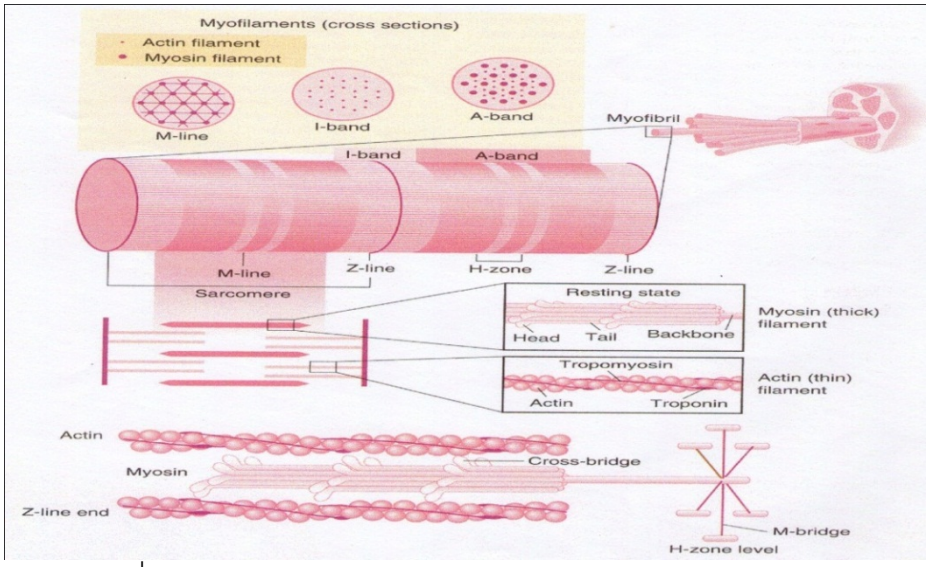
โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ (Structure of muscle cell)

ฮันเตอร์ (Hunter, 2000) กล่าวว่า เซลล์กล้ามเนื้อ หรือเส้นใยกล้ามเนื้อจะยืดออกตามความยาวของกล้ามเนื้อทั้งมัดนั้น ซึ่งภายใต้เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ที่เรียกว่าเอพีไมเซียม (Epimysium) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อหลายๆ เส้นใยกล้ามเนื้อรวมกันเป็นมัด (Bundle) เรียกว่า ฟาสสิคิวลิ (Fasciculi) และในแต่ละมัดเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า เพอริไมเซียม

(Perimysium) นอกจากนี้ในแต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะถูกหุ้มด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า เอนโดไมเซียม (Endomysium)



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ (Hunter, 2000)



ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างของไมโอไฟบริล (Myofibril) (Hunter, 2000)

กลไกในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Mechanism of muscular contraction)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า จากทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใยเล็กๆ ในกล้ามเนื้อ (The sliding filament theory) อธิบายได้ว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกี่ยวข้องกับกลไกการเลื่อนซ้อนกันของไมโอซิน และแอกติน จึงถูกเรียกว่าทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใย

เล็กๆในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยแอกตินหกเส้นจะไปล้อมรอบไมโอซินหนึ่งเส้น ซึ่งไมโอซินจะมีก้านเล็กๆที่จะยื่นไปยังแอกติน เรียกว่าครอสบริดจ์ (Cross bridge) กระแสประสาทที่ส่งมาจากศูนย์สั่งการ (Motor nerve) จะไปกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เกิดกามรเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นส่งผลให้แอกตินไปเชื่อมกับครอสบริดจ์ของไมโอซิน และการเชื่อมนี้จะหลุดออกจากกัน โดยที่ครอสบริดจ์ได้มีการปลดปล่อยของพลังงาน ส่งผลให้ครอสบริดจ์ไปดึงหรือเลื่อนไมโอซินไปบนแอกติน ซึ่งการเลื่อนนี้เองเป็นการทำให้กล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้า (Contract) จึงทำให้เกิดแรงขึ้น เมื่อการกระตุ้นนี้จบลงไมโอซิน และแอกตินจะแยกกันจึงทำให้กล้ามเนื้อเหยียดออกสู่ภาวะปกติและการหดตัวสิ้นสุดลง การทำงานของครอสบริดจ์นี้จะอธิบายได้ว่าทำไมการสร้างแรงจากกล้ามเนื้อจึงขึ้นอยู่กับความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่จะหดตัว ซึ่งจะพบว่าความยาวของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในการหดตัวนั้น คือความยาวขณะพัก เพราะว่าทุกๆครอสบริดจ์ สามารถที่จะเชื่อมกับแอกตินได้ส่งผลทำให้เกิดความตึงตัวสูงสุดในกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่จะหดตัวนั้นสั้นกว่าความยาวภาวะปกติมาก ก็จะทำให้แรงในการหดตัวลดลง ซึ่งในกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวอยู่แล้วนั้นไมโอซิน และแอกตินจะทำการเชื่อมไปแล้วทำให้เหลือครอสบริดจ์ ที่ว่างอยู่เพียงเล็กน้อยที่จะไปดึงแอกติน จึงทำให้เกิดความตึงและแรงที่น้อย และกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกมากกว่าความยาวระยะพักก็จะทำให้เกิดแรงในการหดตัวน้อยเช่นกัน เนื่องจากแอกตินอยู่ไกลเกินไปจากครอสบริดจ์ เพื่อที่จะเชื่อมกันและทำให้กล้ามเนื้อหดตัว จึงสรุปได้ว่าแรงในการหดตัวนั้นจะลดลงเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อนั้นสั้นหรือยาวเกินไปกว่าความยาวระยะพัก โดยพบว่าแรงสูงสุดในการหดตัว จะเกิดขึ้นเมื่อมีการหดตัวนั้นเริ่มด้วยมุมของข้อต่อที่ประมาณ 110-120 องศา

หน่วยยนต์ (The motor unit)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ประสาทยนต์ (Motor nerve) จะมีเส้นใยประสาทสั่งการที่เข้าไปยังกล้ามเนื้อ โดยกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้ตั้งแต่หนึ่งเส้นจนถึงหลายๆพันเส้น โดยทุกๆเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นด้วยเส้นใยประสาทสั่งการที่ไปสั่งการเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างพร้อมเพรียงกัน ดังนั้น หนึ่งประสาทยนต์รวมกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกสั่งการโดยประสาทยนต์นี้จะหมายถึง หนึ่งหน่วยยนต์ (A motor unit) โดยเมื่อประสาทยนต์ถูกกระตุ้น กระแสประสาทจะส่งไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อภายในหน่วยยนต์นั้น โดยกระแสประสาทอาจจะแพร่กระจายไปยังทุกๆ เส้นใยกล้ามเนื้อ หรือไม่แพร่กระจายเลย ขึ้นอยู่กับว่าประสาทยนต์ ถูกกระตุ้นถึงระดับกั้น (Threshold) หรือไม่ ถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อจะตอบสนองต่อการกระตุ้นต่อหนึ่งประสาทยนต์ ซึ่งเป็นเพียงแค่หนึ่งหน่วยยนต์เท่านั้น แต่ก็ใช่ว่า

ทุกๆ หน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อมัดนั้นจะถูกกระตุ้นขณะที่กำลังหดตัว ซึ่งจำนวนของหน่วยยนต์ที่สามารถถูกกระตุ้นมาใช้ในการหดตัว จะขึ้นอยู่กับแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อ เช่น แรงต้านที่น้อยก็จะมีการระดมจำนวนของหน่วยยนต์ได้น้อยและแรงในการหดตัวก็เกิดน้อยเช่นกัน ในทางตรงกันข้าม แรงต้านที่มากก็จะมีการระดมจำนวนหน่วยยนต์ได้หมดหรือเกือบจะทั้งหมดที่มีในกล้ามเนื้อมัดนั้น จึงส่งผลให้เกิดการสร้างแรงได้สูงสุด โดยจะพบว่าจำนวนของหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อจะถูกระดมมาใช้จากน้อยไปมากตามลำดับของแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อจากน้อยไปมาก ดังนั้นทางเดียวที่จะฝึกให้ทุกๆหน่วยยนต์ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อมัดนั้นทำงานก็คือ การใช้แรงต้านสูงสุดมาฝึก โดยแรงต้านที่สร้างขึ้นจากกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

1. จำนวนของหน่วยยนต์ที่จะสามารถถูกระดมมาใช้ได้ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว

2. จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีอยู่ในหน่วยยนต์ ยิ่งมีจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์มากเท่าไหร่ก็ยิ่งสร้างแรงได้มากเท่านั้น ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์จะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม จึงตอบคำถามได้ว่าทำไมบางคนถึงเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ง่ายจากการฝึก นอกจากนี้หน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นเพื่อตอบสนองโดยการหดตัวอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการคลายตัวหรือจะเรียกว่า การทวิทช (Twitch)

การกระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย (Recruitment of muscle fibers during exercise)

เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) ได้กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายจะแปรผันตรงกับจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกเรียกเพื่อทำให้เกิดแรงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายนั้นๆ เช่นการเดินช้าๆอาจจะมีการเรียกใช้เส้นใยกล้ามเนื้อขาน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระบวนการที่มีการเรียกใช้จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นเพื่อให้กล้ามเนื้อสร้างแรงได้มากขึ้นจะเรียกว่า การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Fiber recruitment) นอกจากนี้จะพบว่าการออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้นต่ำจะมีการระดมเฉพาะเส้นใยที่มีการหดตัวช้า แต่เมื่อมีระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีการระดมจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วย จากชนิดหดตัวช้าเป็นชนิดผสมและชนิดหดตัวเร็วในที่สุด เช่น การฝึกยกน้ำหนักจะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในปริมาณมาก

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยน้ำหนัก (Physiological changes due to weight training)

เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Power and Dodd, 2009) กล่าวว่า โปรแกรมที่ฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงนั้น เราจะฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscular size) และเพื่อให้มีการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ซึ่งการฝึกความแข็งแรงนั้นจะเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดของกล้ามเนื้อและการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนี้

คือความแข็งแรงที่ได้จากการฝึกจะเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อนั้นมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) เป็นหลัก นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงนั้นจะมีผลต่อการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ (Hyperplasia) น้อยมาก ซึ่งการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ จากการฝึกความแข็งแรงนี้ยังคงไม่ได้ข้อสรุปที่แน่นอน นอกจากนี้จะพบว่าการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการเคลื่อนไหวเต็มมุมการเคลื่อนไหว จะช่วยพัฒนาความอ่อนตัวด้วย

หลักสรีรวิทยาพื้นฐานของกล้ามเนื้อ (Basic physiology principle of muscle)

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) กล่าวว่า ปกติเส้นใยกล้ามเนื้อ ถ้ามีการเคลื่อนไหวเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะมีการทำงานเกิดขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อไม่มีการเคลื่อนไหว เส้นใยกล้ามเนื้อก็จะไม่มีการทำงาน ซึ่งการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กที่สุดจะถูกกระตุ้นให้มีการทำงานก่อน ตามหลักของขนาด (Size principle) ซึ่งปกติจะเป็นเส้นใยชนิดที่ 1 หดตัวช้า ยกเว้นในกรณีเพศหญิงที่ฝึกทางด้านความอดทนอย่างสูง บางครั้งเส้นใยชนิดที่ 1 หดตัวช้า อาจจะมีขนาดใหญ่กว่าชนิดที่ 2 หดตัวเร็ว และผู้ที่ฝึกประเภทแอโรบิกที่มีปริมาณการฝึกในระดับสูงเมื่อต้องการเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ โดยที่ร่างกายต้องการใช้แรงมากกว่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด สัญญาณประสาทจะกระตุ้นเส้นใยชนิด 2a ให้มีการทำงาน และเมื่อต้องการแรงมากกว่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด สัญญาณประสาทจะกระตุ้นเส้นใยชนิด 2b ให้มีการทำงาน ซึ่งการส่งสัญญาณประสาทที่มากระตุ้นกล้ามเนื้อจะถูกควบคุมโดยหน่วยยนต์ (Motor units) ซึ่งมีความสามารถในการกระตุ้น แตกต่างกันตั้งแต่ส่งสัญญาณระดับต่ำถึงระดับสัญญาณระดับสูง โดยปกติร่างกายจะคงหน่วยยนต์ที่สามารถส่งสัญญาณระดับสูงไว้สำหรับการทำงานที่มีความหนักสูง กล่าวคือ การทำงานทั่วไปส่วนใหญ่จะ

เป็นการทำงานของเส้นใยชนิดที่ 1 หดตัวช้า จึงเป็นเหตุผลให้นักกีฬาที่ต้องการพัฒนากล้ามเนื้อควรที่จะต้องฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการใช้แรงสูงสุด ทั้งนี้เพราะถ้าไม่มีการใช้แรงสูงสุดเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกควบคุมโดยหน่วยยนต์ที่ส่งสัญญาณระดับสูงจะไม่ได้รับการกระตุ้นให้มีการทำงานเกิดขึ้น

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าทุกหน่วยยนต์จะทำงานเหมือนกัน แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจะทำงานไม่เหมือนกัน เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในภาวะอนากาศนิยม (Anerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะที่บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในภาวะอากาศนิยม (Aerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type 1) จะใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่าอากาศนิยม (Aerobic) จะมีสีแดง และมีการหดตัวช้า ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 แล้วยังสามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fiber, ST)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type 2) จะไม่ใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่าอนากาศนิยม (Anerobic) มีสีขาว และมีการหดตัวที่เร็ว ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แล้วยังสามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอนากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีขาว และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fiber, FT)

เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้จะอยู่ในร่างกายในสัดส่วนที่ค่อนข้างจะเท่ากันโดยการฝึกความแข็งแรงจะส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนี้จะพบว่าการครอบคลุมด้วยเส้นประสาทของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นตัวบ่งบอกว่า มันเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าหรือเร็ว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่า มีเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมากเท่าไหร่ที่ถูกเชื่อมกับเส้นใยประสาทสั่งการของหนึ่งประสาทยนต์ (Motor nerve) โดยจะพบว่าหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ประสาทยนต์จะมีขนาดใหญ่ และมีเส้นประสาทตั้งแต่ 300 ถึงมากกว่า 500 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะที่หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้านั้น ประสาทยนต์จะมีขนาดเล็ก และมีเส้นประสาทเพียง 10 ถึง 180 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด หดตัวเร็ว จะเร็วและแรงกว่าการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งจะพบว่านักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็วและพลังของกล้ามเนื้อจะมีพันธุกรรมกำหนดให้มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า แต่พวกเขาก็จะเกิดการล้าเร็วกว่า ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาที่มี

สัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ก็จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทนเนื่องจากพวกเขาสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่มีความเข้มข้นต่ำได้เป็นเวลานานกว่า ถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะถูกใช้ในกิจกรรมที่สั้นและเร็ว แต่ก็ไม่ใช้ความเร็วในการหดตัว แต่จะมาจากแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการที่ประสาทยนต์สามารถไประดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าทำไมนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องฝึกเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อเพราะการฝึกเคลื่อนไหวที่ใช้พลังกล้ามเนื้อสูงจะไปกระตุ้นการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงทำให้นักกีฬาสามารถที่จะกระทำกาเคลื่อนไหวที่เป็นแรงระเบิดและเร็วได้ โดยการจะระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนั้นขึ้นอยู่กับแรงต้านที่มากระทำ ถ้าแรงต้านปานกลางจนถึงต่ำก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีการเพิ่มแรงต้านมากขึ้นก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาใช้มากขึ้นตามในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว โดย ฟอคซ เบาส์ และ ฟอส (Fox, Bowes, and Foss, 1989) ได้กล่าวว่า สัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีหลากหลายทั้งในกล้ามเนื้อมัดเดียวกันและคนละมัดซึ่งปกติแขนจะมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่าขา โดยกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อน่องจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเพียง 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากก็สามารถที่จะหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีบทบาทที่สำคัญกับนักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรง

เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) ได้กล่าวว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งออกได้ 3 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันที่ความเร็วในการหดตัว และความอดทนต่อการล้า เพราะว่ากล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะผสมไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ดังนั้นเราจึงต้องเข้าใจกล้ามเนื้อแต่ละมัดก่อนที่จะเริ่มโปรแกรมฝึกกล้ามเนื้อ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fiber, ST) เป็นเส้นใยที่หดตัวได้ช้า และสร้างแรงขึ้นได้น้อย แต่มีความอดทนต่อการล้าได้มาก เส้นใยชนิดนี้จะมีสีแดงเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่ในการลำเอียงออกซิเจนในรูปของไมโอโกลบินมาให้ และมีความสามารถในการผลิตสารสร้างพลังงาน ที่เรียกว่า อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต หรือ เอทีพี (Adenosine triphosphate หรือ ATP) ได้มาก จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิก (ใช้ออกซิเจน) จากคุณสมบัติเหล่านี้เส้นใยชนิดนี้จึงเหมาะสมกับการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำ และใช้เวลานานๆ เช่นการวิ่งช้าๆ

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fibers, FT) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากแต่มีความอดทนต่อการล้าน้อย มีหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิกที่ต่ำ มีสีขาวเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยอยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนมาให้ จึงเป็นเส้นใยที่เหมาะในการผลิตสารสร้างพลังงาน จากกระวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน) แต่ผลิตสารสร้างพลังงานได้เพียงช่วงสั้นๆ จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากจึงเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วและแรงในการเคลื่อนไหว เช่น การวิ่งเร็ว การกระโดด ซึ่งการออกกำลังกายที่หนักนี้ จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดการฉีกขาดได้ง่ายด้วย

3. เส้นใยชนิดผสม (Intermediate fibers) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและช้า โดยสามารถหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า แต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และมีสีแดงมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

กล้ามเนื้อมัดต่างๆ ในร่างกายจะมีเส้นใยทั้ง 3 ชนิดผสมอยู่ โดยพบว่าบุคคลทั่วไปจะมีจำนวนของเส้นใย 3 ชนิดเท่าๆกัน และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อกับนักกีฬาในระดับสูง พบว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน (Endurance athletes) เช่น นักวิ่งมาราธอนจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นจำนวนมาก ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาประเภทที่ใช้ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า

เส้นใยกล้ามเนื้อสามารถเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่งได้ เช่นการฝึกความอดทน (Endurance training) สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วกับเส้นใยชนิดผสม แต่ยังไม่มีหลักฐานที่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วหรือชนิดผสมนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าได้หรือไม่ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่านักกีฬาที่แข่งขันในระยะสั้นสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ และนักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ แต่นักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวไม่สามารถที่จะเปลี่ยนไปแข่งขันในระยะสั้นได้ แม้ว่าการฝึกความอดทน (Endurance training) จะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ โดยส่วนใหญ่แล้วจำนวนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อนั้นจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรมเป็นหลัก

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Types of muscular contraction)

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) และบอมพา (Bompa, 1999) ได้แบ่งชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็น 3 ชนิดดังนี้

1. การหดตัวแบบไอโซโทนิค (Isotonic contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความตึงของกล้ามเนื้อ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว สามารถแบ่งการหดตัวได้ 2 ลักษณะคือ

1.1 การหดตัวแบบคอนเซ็นตริค (Concentric contraction) เป็นการหดตัวสั้นเข้าของกล้ามเนื้อและเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อสามารถสร้าง (Force) ได้มากกว่าแรงต้านทาน เช่น ช่วงยกน้ำหนักขึ้นของการฝึกท่าเบนช์ เพรส (Bench press)

1.2 การหดตัวแบบเอกเซ็นตริค (Eccentric contraction) เป็นการหดตัวที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกและเกิดขึ้นเมื่อมีการผ่อนน้ำหนักลงภายใต้การทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ช่วงผ่อนน้ำหนักลงของการฝึกท่าเบนช์ เพรส (Bench press)

2. การหดตัวแบบไอโซเมตริค (Isometric contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการพัฒนาความตึงขึ้น โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมุมข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดตัวแบบอยู่กับที่ การหดตัวลักษณะนี้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาแรงขึ้นเท่ากับแรงต้านทาน เช่น ช่วงค้างน้ำหนักไว้ตำแหน่งสูงสุดหรือต่ำสุดของการฝึกท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ในการฝึกด้วยน้ำหนัก การหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีทั้งการหดตัวแบบคอนเซ็นตริค เอกเซ็นตริค และไอโซเมทริก ขึ้นอยู่กับจังหวะของการเคลื่อนไหว

3. ไอโซคิเนติค (Isokinetic) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วเท่ากันตลอดการเคลื่อนไหว การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติค จะต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถปรับความเร็วของการเคลื่อนไหวได้เท่ากันตลอดมุมของการเคลื่อนไหว โดยในขณะที่เคลื่อนไหวนั้น ทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก จะเกิดแรงต้านที่เท่ากัน นอกจากนี้จะทำให้กล้ามเนื้อออกแรงได้สูงสุดตลอดทั้งการเคลื่อนไหว ซึ่งการฝึกแบบอื่นทำไม่ได้

การใช้พลังงานยืดหยุ่น/การยืดก่อนการหดสั้นเข้าของกล้ามเนื้อ (The Use of elastic/muscle pre-tension)

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) กล่าวว่า เพื่อที่จะทำให้การฝึกด้วยน้ำหนักเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การฝึกควรใช้การทำงานของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออกและหดสั้น

เข้า (Stretch-shortening cycle) กล้ามเนื้อยืดออกในช่วงผ่อนแรงและกล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้าในช่วงออกแรง ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริคก่อนการหดตัวแบบคอนเซ็นตริค (Eccentric-concentric) จะทำให้กล้ามเนื้อสร้างแรงได้มากกว่า การหดตัวแบบคอนเซ็นตริคเพียงอย่างเดียว แรงที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากพลังงานยืดหยุ่น (Elastic energy) ที่เก็บสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ยืดหยุ่น (Elastic component) ของกล้ามเนื้อ เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อถูกยืดออกจะถูกปล่อยออกมาในระยะกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การหดตัวสั้นเข้าของกล้ามเนื้อที่เริ่มต้นด้วยการอยู่ในสภาพความตึงตัวที่สูงกว่าจะสามารถเพิ่มแรงในการหดตัวได้สูงขึ้น

ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานที่สะสมไว้อาจจะจะขึ้นอยู่กับเวลา ขนาด และอัตราเร็วของการยืดออกของกล้ามเนื้อ โดยที่ วิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1991) ได้กล่าวถึง ช่วงเวลาที่พักระหว่างระยะเอกเซ็นตริค (Eccentric) และคอนเซ็นตริค (Concentric) จะทำให้สูญเสียพลังงานมากขึ้น โดยที่มีระยะพักระหว่างช่วงเอกเซ็นตริค (Eccentric) และคอนเซ็นตริค (Concentric) 1 วินาที พลังงานจะสูญเสียไป 55% และหลังจากมีระยะพัก 2 วินาที พลังงานจะสูญเสียไป 80% ดังนั้น การฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการหยุดค้างไว้ในระยะต่อระหว่างผ่อนแรงกับระยะออกแรง จะก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อขณะเดียวกัน ขนาดของการยืดก็มีผลต่อปริมาณการปล่อยพลังงาน โดยที่การยืดออกของกล้ามเนื้อที่มากเกินก็สามารถส่งผลเสียต่อการปลดปล่อยพลังงานของกล้ามเนื้อและถ้ามีอัตราเร็วของการยืดออกเร็วขึ้นการสะสมพลังงานก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น

หน้าที่ของกล้ามเนื้อ (The role of muscles)

เนื่องจากโครงร่างของกระดูกและกล้ามเนื้อนั้น กระดูกจะถูกเชื่อมกันด้วยเอ็นยึดข้อต่อ (Ligament) และกล้ามเนื้อซึ่งวางค้อมข้อต่อเหล่านี้จะสร้างแรงขึ้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยแรงจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายๆ มัดช่วยกัน ซึ่ง (Wilson, 1994) ได้กล่าวถึงบทบาทของกล้ามเนื้อที่ต่างกันดังนี้

1. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (Agonistic or prime moves) เช่นการทำงานของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) ในขณะทำท่างอข้อศอก (Arm curl exercise)

2. กล้ามเนื้อที่หน้าที่ต้านการเคลื่อนไหว (Antagonist) กล้ามเนื้อ หรือกลุ่มกล้ามเนื้อชนิดนี้จะเกาะอยู่ด้านตรงข้ามกับกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เช่น กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) ในขณะทำท่างอข้อศอก (Arm curl exercise)

3. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดความมั่นคง (Stabilizers or fixators muscles) กล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวแบบหดตัวเกร็งค้างไว้ หรือการหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric) เป็นการช่วยยึดฐานให้นิ่ง เพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ในการทำงานท่างอข้อศอก (Arm curl exercise) กล้ามเนื้อที่หัวไหล่และที่ข้อมือ จะหดตัวแบบไอโซเมตริกเพื่อเป็นฐานที่มั่นคงให้กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้าหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การฝึกสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552) กล่าวว่า ระบบกล้ามเนื้อ คือพื้นฐานของการออกกำลังกายทุกชนิด การประกอบกิจกรรมใดก็ตาม ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ จะมีผลต่อการจำกัดความสามารถของการออกกำลังกาย กีฬาส่วนมากจะต้องการใช้ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ จะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ต้องการใช้ความอดทนหรือความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ถ้ากีฬานั้นเป็นกีฬาที่ต้องยืนปฏิบัติอยู่กับที่เพียงอย่างเดียว เช่น การแข่งขันยกน้ำหนักในประเภท เพาเวอร์ลิฟติง (Power lifting) ซึ่งประกอบด้วยการยกใน 3 ท่า คือ เบนช์ เพรส (Bench press) สควอต (Squat) และเดดลิฟต์ (Dead lift) กรณีเช่นนี้นักกีฬาจะต้องใช้ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว แต่กีฬาส่วนใหญ่จะมีลักษณะเหมือนกับกีฬาฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล และกรีฑาทั้งประเภทลู่และลาน ซึ่งจะต้องใช้การเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วยแรงสูงสุด นั่นคือ ต้องการความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ

ความหมายและขอบข่ายของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพของระบบกล้ามเนื้อโครงร่าง หมายถึง ระบบโครงสร้างของร่างกายและระบบกล้ามเนื้อที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) และความแข็งแรงของกระดูก (Bone strength) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคือ แรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อด้วยการยก การดัน หรือการเคลื่อนไหวต้านกับความต้านทาน ความอดทนของกล้ามเนื้อคือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวทำงานได้อย่างต่อเนื่องหรือทำงาน ซ้ำๆ กันได้ตลอดระยะเวลานาน ความอดทนของกล้ามเนื้อในบางระดับจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แต่การมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออยู่ในระดับสูง มักจะมีความเป็นไปได้ที่มีความอดทนของกล้ามเนื้ออยู่ในระดับต่ำ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือสิ่งจำเป็นต่อการประกอบกิจกรรมต่างๆ ประจำวัน เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะช่วยในการยึดพยุงอวัยวะภายใน ซึ่งอวัยวะภายในจะมีแรงตึงเครียดที่พยายามต้านทานกับพื้นผิวภายในของกล้ามเนื้อ การฝึกด้วยน้ำหนักต้านทานเป็นวิธีการฝึกอย่างหนึ่งที่ได้ผลมากที่สุดต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (และกระดูก) และความอดทนของกล้ามเนื้อ (Heyward, 1998) ความแข็งแรงนับว่าเป็นพื้นฐานที่ใช้พิจารณากำหนดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานทางการกีฬา กีฬาต่างๆ จำนวนมากจะต้องมีการใช้สมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรงโดยเฉพาะความแข็งแรงที่เกี่ยวข้องกับความเร็วและความอดทน เมื่อกล่าวถึงความแข็งแรงในเชิงทฤษฎีที่เกี่ยงข้องกับการกีฬานั้นแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. ความแข็งแรงสูงสุด คือ ความแข็งแรงทั้งหมดที่กล้ามเนื้อมีอยู่ หรือแรงที่มีอยู่เป็นจำนวนมากที่สุด ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่สามารถใช้ความพยายามเพื่อการหดตัวในแต่ละครั้งได้แรงอย่างสูงสุด (ซึ่งหมายถึง การที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงสู้กับน้ำหนักต้านทานได้มากที่สุด และสามารถกระทำได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นโดยไม่สามารถกระทำซ้ำได้อีก) ดังนั้น นักกีฬาที่สามารถยกน้ำหนักได้หนึ่งครั้งด้วยปริมาณน้ำหนักสูงสุดมากกว่า แสดงว่ามีความแข็งแรงมากกว่านักกีฬาอีกคนที่สามารถยกได้จำนวนครั้งที่มากกว่าด้วยน้ำหนักที่น้อยกว่า เพราะฉะนั้นความแข็งแรงสูงสุดจะใช้เป็นเครื่องตัดสินประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานทางการกีฬาของนักกีฬาที่ต้องการเอาชนะ หรือสามารถควบคุมน้ำหนักต้านทานเป็นจำนวนมากๆ เอาไว้ได้ คำว่าควบคุมในที่นี้หมายถึง การที่กล้ามเนื้อยังคงรักษาสภาพการหดตัวแบบเกร็งนิ่งอยู่กับที่เอาไว้ได้ ซึ่งจะต้องใช้ความแข็งแรงสูงสุดหรือเกือบสูงสุด กีฬาบางอย่างอาจจะต้องการใช้ร่วมกันทั้งด้านความแข็งแรงสูงสุดและการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วสูงสุด เช่น การขว้างค้อน และการทุ่มน้ำหนัก หรืออาจต้องการใช้ความแข็งแรงสูงสุดพร้อมกับความอดทนอย่างสูง เช่น กีฬาพายเรือ การต่อสู้เพื่อเอาชนะความต้านทาน หรือน้ำหนักที่มีขนาดน้อยกว่าก็จะใช้ความแข็งแรงสูงสุดน้อยกว่า สำหรับกรณีการมีอัตราความเร็วเพิ่มขึ้นจากที่หยุดนิ่งกับที่ เช่น การเริ่มออกวิ่งในระยะสั้น หรือการขับเคลื่อนร่างกายขึ้นมาจากพื้น เช่นการกระโดด กรณีเช่นนี้คือภาวะที่มีความต้านทานมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งจะต้องออกแรงเอาชนะความต้านทานมากกว่าการดำรงรักษาให้มีมากกว่าการรักษาให้มีการเคลื่อนไหวในอัตราคงที่ ซึ่งกรณีเช่นนี้จะพบได้ในกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทนเป็นระยะเวลานานและความอดทนในระดับปานกลาง

ความแข็งแรงสูงสุดยังมีคำที่เกี่ยวข้องอีก 2 คำ คือ ความแข็งแรงสัมบูรณ์ (Absolute strength) และความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) ในกีฬาที่มีการใช้ความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะมีน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดและมี

ความสัมพันธ์กันอย่างสูง นั่นคือ นักกีฬาที่มีน้ำหนักตัวมากจะสามารถแสดงออกทางด้านความแข็งแรงได้มากกว่าคนที่มีน้ำหนักตัวน้อย แต่ถ้าไม่คำนึงถึงปัจจัยด้านน้ำหนักตัว การที่นักกีฬามีความสามารถในการใช้แรงได้อย่างสูงสุดก็จะหมายถึงการมีความแข็งแรงสัมบูรณ์ของนักกีฬาคนนั้นส่วนมากส่วนความสามารถในการใช้แรงได้สูงสุดของนักกีฬาที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวจะเรียกว่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ ความแข็งแรงสัมพัทธ์จะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างเด่นชัดต่อนักกีฬาชนิดที่ต้องเคลื่อนไหวภายใต้อิทธิพลของน้ำหนักตัวของนักกีฬาเอง เช่น ยิมนาสติกและกีฬาที่มีการกระโดดเป็นต้น การคำนวรหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์จะสามารถกระทำได้โดยการใช้ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์หารด้วยน้ำหนักตัว

2. ความแข็งแรงแบบยืดหยุ่น หรือความแข็งแรงแบบรวดเร็ว คือ ความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่สามารถเอาชนะน้ำหนักต้านทานด้วยการใช้ความเร็วในการหดตัวอย่างสูงเพื่อแบกรับน้ำหนัก หรือดันน้ำหนักต้านทานนั้นออกไปอย่างรวดเร็ว โดยจะเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยปฏิกิริยาอัตโนมัติ (Reflex) ที่ทำงานอย่างประสานสัมพันธ์กันและมีความยืดหยุ่น แต่โดยทั่วไปจะเรียกความแข็งแรงแบบนี้ว่า พลังของกล้ามเนื้อ (Muscle power) มากกว่า เนื่องจากพลังคือความสามารถที่จะถ่ายโยงพลังงานทางกายภาพเป็นแรงที่มีอัตราเร็วหรือเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงและความเร็ว ส่วนคำว่ายืดหยุ่นสามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากเป็นการหลีกเลี่ยงความสับสนระหว่างคำว่า ความเร็วหรือความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ถึงแม้ว่ากลไกการทำงานของกล้ามเนื้อจะประกอบด้วยปัจจัยทั้งสองประการ ความแข็งแรงแบบยืดหยุ่นเป็นการทำงานของของกล้ามเนื้อที่มีสิ่งต่างๆ ประกอบกันอย่างซับซ้อน ซึ่งปฏิกิริยาอัตโนมัติและความยืดหยุ่นนั้นนับว่าเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในกรอบความหมายของคำว่าความแข็งแรงแบบยืดหยุ่นมากที่สุด

พลังของกล้ามเนื้อถ้าจะกล่าวโดยสรุปก็คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการปลดปล่อยแรงออกมาอย่างรวดเร็วด้วยกำลังระเบิดของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อจึงเป็นผลที่เกิดขึ้นจากความแข็งแรงและความเร็ว ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ที่เด่นชัดที่สุดในการประสบความสำเร็จของนักกีฬา และคุณสมบัติดังกล่าวทั้งหมดนี้สามารถฝึกให้มีการพัฒนาขึ้นมาได้ทั้งสิ้น การมีปัจจัยจำกัดในด้านต่างๆ ของสรีรของร่างกาย เช่นความยาวของกระดูก สภาพของเอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นยึดข้อ และชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีผลต่อการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อทั้งสิ้น (Murray and Lear, 1981) พลังของกล้ามเนื้อจะมีระดับต่างๆ นับตั้งแต่พลังของร่างกายแบบทั่วไปจนถึงพลังแบบเฉพาะเจาะจง พลังกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาเปลี่ยนแปลงได้โดยการแก้ไขปรับปรุงองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงและความเร็ว เมื่อนักกีฬามีความแข็งแรงมากขึ้นก็จะสามารถเกิดเป็นพลัง

กล้ามเนื้อให้มากขึ้นได้ หรือเมื่อมีการพัฒนาความเร็วในการเคลื่อนไหวของอวัยวะ เช่น แขน ขา สะโพก ก็จะทำให้แสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน

พลังของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งที่ใช้ตัดสินประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานทางการกีฬาทุกชนิดที่มีการใช้กำลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive sports) เช่น กีฬาที่มีการกระโดด ขว้าง ทุ่ม ตี ชก การตบ และการวิ่งเร็วสูงสุด เป็นต้น

3. ความแข็งแรงอดทน คือสมรรถภาพโดยรวมทั้งหมดของกล้ามเนื้อที่สามารถทนต่อการล้า ความแข็งแรงอดทนนี้จะมีลักษณะเฉพาะคือ สามารถแสดงออกทางด้านความแข็งแรงได้ค่อนข้างมากพร้อมกับมีความสามารถทางด้านความอดทนร่วมด้วย ถ้าจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานด้านความแข็งแรงอดทนโดยการใช้น้ำหนักเป็นตัวกำหนดนั้น ส่วนมากก็คือ การที่กล้ามเนื้อสามารถเอาชนะน้ำหนักที่ค่อนข้างมากนั้นได้เป็นระยะเวลานานปานกลาง และโดยทั่วไปมักจะเรียกความแข็งแรงอดทนนี้ว่า ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) ที่หมายถึงความสามรถของกล้ามเนื้อในการปฏิบัติงานซ้ำติดต่อกันได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาจมีปริมาณน้ำหนักตั้งแต่ระดับต่ำไปจนถึงระดับเกือบสูงสุด (Submaximal load) แต่ความจริงถ้ากล้ามเนื้อออกแรงยกน้ำหนักได้เป็นจำนวนครั้งมากกว่าหรือทำงานได้เป็นเวลานานกว่า (แสดงว่าต้องมีการใช้ขนาดน้ำหนักที่เบากว่า) ซึ่งจะหมายถึงการมีความอดทนของกล้ามเนื้อมากกว่า และในขณะเดียวกันถ้ายิ่งสามารถใช้ขนาดน้ำหนักที่มากขึ้นเท่าใดก็จะยิ่งกลายเป็นความแข็งแรงอดทนมากขึ้นเท่านั้น การหดตัวทำงานของกล้ามเนื้ออาจจะเป็นได้ทั้งแบบอยู่กับที่ (Static) และแบบเคลื่อนที (Dynamics) กีฬาชนิดต่างๆ เช่น มวยปล้ำ พายเรือ ว่ายน้ำระยะไกล และกรีฑาประเภทลู่ที่ใช้เวลาแข่งขันอยู่ระหว่างตั้งแต่ 80 วินาทีจนถึง 8 นาที คือ ตัวอย่างกีฬาที่ต้องการใช้ความอดทนของกล้ามเนื้อ เพราะนักกีฬาเหล่านี้จะต้องใช้พลังงานเพื่อการออกแรงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อนั้น นักกีฬาก็จะได้รับผลทางด้านความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันตามขอบเขตที่ถูกกระตุ้นจากแรงตึงเครียดขนาดปานกลางที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลางและการพัฒนาพลังงานทางแอโรบิก

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ชาร์เกย์และแกสคิลล์ (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรจะสร้างความแข็งแรงให้เหมาะสมกับทักษะและรูปแบบของกีฬานั้นๆ ดังนั้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey & Gaskilkl, 2006) ได้เสนอความสัมพันธ์ของงาน (work) กับความแข็งแรง (strength) และอัตราเร็ว (velocity) ดังนี้

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

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

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

ดังนั้น

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

หรือ

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

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของพลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใด กิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความอดทนของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับกีฬาแต่ละชนิด

3.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่

กีฬามวยปล้ำจำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) กีฬาที่ใช้ความหนักในระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเลย์บอล บาสเกตบอล แบดมินตัน เป็นต้น จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (Short put) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิส จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Shot-term power endurance)

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

4.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ โดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่าง เช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด

นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดีเพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกล ไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง และความไว ต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

5. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียหลัก โซเซหรือวิ่งไม่ตรงทิศทาง ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกัน ระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อในการทรงตัว แบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

5.1 การทรงตัวอยู่กับขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

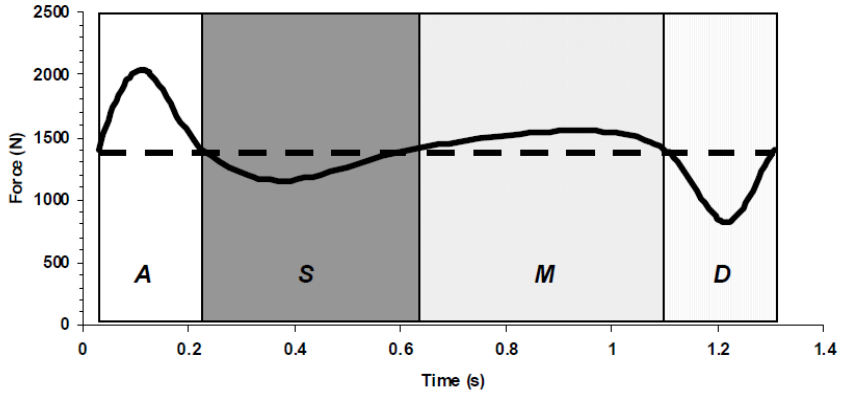
6. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะยืดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆ ของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวนี้สามารถพัฒนาได้จากการฝึกความยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั่นเอง

7. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจาดจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ พลังความทนทานของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น ก็จะส่งผลทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นตามไปด้วย

รูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะฝึกด้วยอุปกรณ์แรงต้านอิสระ

รูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press)

แลนเดอร์ และคณะ (Lander et al., 1985) กล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์ เพรส (Bench press) ด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุด จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ดังที่แสดงในภาพที่ 5 ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16% แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16% จนถึง 42% ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42% จนถึง 82% ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18% สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ (Wilson, 1994) กล่าวว่ารูปแบบของแรงนั้นมีลักษณะเดียวกับรูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากในท่าฝึกสควอทด้วยความหนัก 30% ของความแข็งแรงสูงสุด ที่จะเกิดแรงที่มากในตอนแรกที่ยก เนื่องจากมีโมเมนตัม (Momentum) เกิดขึ้น และการออกแรงตลอดมุมการเคลื่อนไหวที่เหลือจะเกิดขึ้นน้อย โดยจะเกิดมีช่วงของการหน่วง (Deceleration) ในช่วงท้ายของการยกเพื่อหยุดน้ำหนักไว้ นั้นจึงหมายถึงว่าระดับของแรงที่สูงจะเกิดเพียงเล็กน้อยของมุมการเคลื่อนไหว



ภาพที่ 5 แสดงกราฟของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบ็นท์ เพรส (Bench press) A คือ Acceleration phase, S คือ Sticking Region, M คือ Maximum strength region และ D คือ Deceleration phase (Lander et al., 1985)

การฝึกท่าเบนช์ เพรส (Bench press)

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) กล่าวว่าการฝึกท่า Bench press เป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาร่างกายส่วนบน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อหน้าอก (Pectoralis major)

กล้ามเนื้อและการทำงานของการฝึกท่าเบนช์ เพรส

กล้ามเนื้อหน้าอก (Pectoralis major) และกล้ามเนื้อไหล่มัดด้านหน้า (Anterior deltoid) ทำหน้าที่งอข้อไหล่ในระนาบขนานขอบฟ้า (Horizontal flexion) โดยแขนทั้งสองข้างจะมีการเคลื่อนไหวในแนวตั้งฉากกับลำตัว เริ่มต้นแขนทั้งสองข้างจะอยู่ด้านข้างลำตัวระดับไหล่และจะเคลื่อนขึ้นไปด้านบนจนกระทั่งอยู่เหนือหน้าอก

กล้ามเนื้อ Pectoralis minor และ Serratus anterior ทำหน้าที่กางสะบัก (Scapular abduction) โดยกระดูกสะบักจะเคลื่อนที่ออกจากกระดูกสันหลังไปด้านข้างเข้าหาโครงกระดูกซี่โครง ที่ข้อศอกกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps brachii) ทำหน้าที่เหยียดข้อศอก โดยปลายแขนจะเคลื่อนออกจากต้นแขนจนกระทั่งแขนเหยียดตรง

วิธีการปฏิบัติ

นอนหงายบนม้านั่งฝึก ร่างกายอยู่ในตำแหน่งที่มั่นคง เพื่อความปลอดภัยม้านั่งฝึกที่ใช้ควรมีบาร์อยู่เหนือศีรษะวางเท้าราบกับพื้นประมาณความกว้างของช่วงไหล่และงอข้อเข่า ศีรษะไหล่ และก้น วางชิดอยู่บนม้านั่งฝึก และกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine) อยู่ในตำแหน่งโค้งปกติ เมื่ออยู่ในตำแหน่งพร้อมฝึก จับบาร์เบลล์จากด้านเหนือศีรษะและเคลื่อนบาร์เบลออกมา

ให้ตรงกับระดับราวนม ด้วยการจับแบบคว่ำฝ่ามือกว้างกว่าช่วงไหล่เล็กน้อย ข้อศอกชี้ออกไปทางด้านข้าง บาร์เบลล์ควรจะนิ่งและไม่เอียงเมื่ออยู่บนแขนทั้งสองข้างที่เหยียดตรง

เมื่อพร้อมให้หายใจเข้ามากกว่าปกติเล็กน้อยและลดระดับบาร์เบลล์ลงที่อัตราความเร็วช้าถึงปานกลางภายใต้การควบคุมตลอดการเคลื่อนไหว จนกระทั่งบาร์เบลล์เคลื่อนมาถึงหน้าอกให้หายใจออก พร้อมกับผลักบาร์เบลล์ขึ้นถึงตำแหน่งเริ่มต้นและผ่อนคลายกล้ามเนื้อหนึ่งถึงสองวินาทีและปฏิบัติซ้ำ

ข้อแนะนำ

เพื่อประสิทธิภาพของการฝึกควรผลักแขนขึ้นทันทีเมื่อลดบาร์ถึงระดับหน้าอก ซึ่งจะทำให้แรงเฉื่อย (Inertia) ของบาร์ถูกจำกัดไปเนื่องจากกล้ามเนื้อจะมีการยืดหยุ่นตัว (Resilience) ในการที่จะช่วยผลักบาร์ขึ้นด้านบน เมื่อลดบาร์ลงมาสู่ตำแหน่งต่ำสุด กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะกล้ามเนื้อหน้าอกและกล้ามเนื้อไหล่มัดด้านหน้าจะอยู่ภายใต้การหดตัวแบบเอกเซ็นตริค (Eccentric) โดยการหดตัวแบบเอกเซ็นตริคจะเกิดขึ้นมากเต็มที่เมื่อบาร์เคลื่อนมาถึงระดับหน้าอก และถ้ามีการผลักบาร์ขึ้นจะทำให้มีการใช้พลังงานสะสม (Stored energy) จากการหดตัวแบบเอกเซ็นตริค (Eccentric) ร่วมกับการหดตัวแบบคอนเซ็นตริค (Concentric) ในการดันบาร์ขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดแรงในการหดตัวเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้ามีการหยุดบาร์ไว้ในตำแหน่งต่ำสุด ผลของการทำงานเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้น เพื่อความปลอดภัยควรมีผู้ช่วยฝึก โดยเฉพาะเมื่อใช้น้ำหนักมาก โดยผู้ช่วยฝึกควรยืนอยู่ด้านเหนือศีรษะ และคอยช่วยจับบาร์เบลล์ขณะปฏิบัติการเคลื่อนไหว

การหายใจ (Breathing) มีความสำคัญและสามารถป้องกันอาการหน้ามืด เมื่อหายใจเข้าและกลั้นลมหายใจ โครงกระดูกซี่โครงจะมีความมั่นคง ดังนั้น กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการทำงานจะมีฐานการหดตัวที่มั่นคง แต่ผู้ฝึกต้องหายใจออกทันทีเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ หลังจากที่ดันบาร์เบลล์ผ่านช่วงที่มีความยากในการยก

เมื่อใช้น้ำหนักมากจะมีการงอหลังมากขึ้น ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการพัฒนากล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง และสามารถเกิดอาการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังได้ และผู้ฝึกไม่ควรให้บาร์เบลล์กระแทกกับหน้าอกเพื่อช่วยดันบาร์ขึ้น เนื่องจากเป็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง การทำเช่นนี้สามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกระดูกหน้าอกและกระดูกซี่โครงได้

รูปแบบการจับบาร์เบลล์

วันใหม่ ประพันธ์บัณฑิต (2551) กล่าวว่า รูปแบบการจับบาร์เบลล์ของเครื่องฝึกเวท มีความเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของมือที่วางอยู่บนบาร์เบลล์และระยะห่างระหว่างมือทั้งสอง เนื่องจากวิธีการจับบาร์เบลล์ ดัมเบลล์ หรืออุปกรณ์ที่มีที่จับนั้น จะทำให้การฝึกเวททุกท่าฝึกเป็นไปอย่าง

สมบูรณ์ด้วยดีและมีผลต่อการบริหารกลุ่มกล้ามเนื้อในการฝึกแต่ละท่า จำเป็นต้องคำนึงถึงโครงสร้างของร่างกาย ตำแหน่งที่เหมาะสม ช่วงการเคลื่อนไหวและความเร็ว ทำให้ผู้ฝึกได้รับประโยชน์สูงสุดจากการฝึก ซึ่งการเคลื่อนไหวที่ไม่ถูกต้องตามหลักกลศาสตร์ (Mechanical principle) ก็อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บได้

โดยในการวิจัยครั้งนี้ให้ผู้ทดสอบมีตำแหน่งในการวางมือ และระยะห่างของมือดังนี้

การวางตำแหน่งของมือ (Hand position)

รูปแบบการคว่ำมือ (Pronated grip หรือ Overhand grip) กำนิ้วมือทั้ง 5 รอบบาร์เบลล์โดยหัวแม่มือจะหันเข้าสู่ด้านในของบาร์เบลล์หรือเข้าหาตัวผู้ฝึก

เพื่อความปลอดภัย ผู้ทดสอบควรห่อหัวแม่มือรอบบาร์เบลล์ เพราะถ้าหากผู้ฝึกยกบาร์เบลล์ขึ้นเหนือลำตัวขึ้นไป หากนิ้วหัวแม่มือไม่ได้กำบาร์เบลล์อาจจะเกิดความเสี่ยงต่อความผิดพลาดและเกิดการบาดเจ็บได้

ระยะห่างของมือ (Hand spacing)

ในการวิจัยตำแหน่งของมือที่จับบาร์เบลล์กับระยะห่างของมือทั้งสอง จะใช้ในลักษณะการจับแบบทั่วไป (Regular or Normal hand spacing) โดยมือทั้งสองที่วางอยู่บนบาร์เบลล์ความกว้างประมาณช่วงไหล่เล็กน้อย

การฝึกด้วยน้ำหนักในช่วงเริ่มต้น ตำแหน่งการจับและระยะห่างของมือทั้งสองควรจับให้ถูกต้อง เพราะตำแหน่งการจับและระยะห่างของมืออาจนำไปสู่การบาดเจ็บโดยเฉพาะผู้ที่เริ่มต้นฝึกใหม่ๆ เพราะการฝึกบางท่าอาจไม่เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น เนื่องจากกล้ามเนื้อยังไม่แข็งแรงพอ แต่ภายหลังจากนั้น เมื่อมีความรู้ความเข้าใจและมีประสบการณ์มากขึ้น การฝึกโดยใช้น้ำหนักที่เบาร่วมกับการจับด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันก็สามารถช่วยทำให้เกิดประสิทธิผลมากที่สุดสำหรับผู้ฝึก

แรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว หรือคงที่ตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance)

จากการที่ได้มีการพยายามพัฒนาสร้างเครื่องมือในการฝึกรูปแบบใหม่ที่เอาชนะการเสียเปรียบทางกลไกของการยกน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท ที่แรงต้านจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนไหวของข้อต่อ จึงทำให้เกิดช่วงของความหน่วง 67% ของช่วงคอนเซ็นตริก ซึ่งทำให้แรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงช่วงคอนเซ็นตริกหายไป 19.4% ของความแข็งแรงสูงสุด (Baker et al., 2001) จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแรงต้านที่เปลี่ยนแปลงได้เหมาะสมตลอดมุมการเคลื่อนไหว (Variable resistance device) ที่จะช่วยปรับแรงต้านในขณะการเคลื่อนไหวให้เหมาะกับการเปลี่ยนแปลงของข้อต่อ และช่วยชดเชยความเร่งที่เสียไป (Frost et al., 2010)

นิวแมททิค (Pneumatic)

ฟรอท และคณะ (Frost et al., 2010) กล่าวว่านิวแมททิค หมายถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอากาศ หรือใช้อากาศ โดยแรงต้านที่มาจากลมจะมีลักษณะเหมือนกับแรงต้านที่มาจากยางยืด โดยที่อุปกรณ์แรงต้านจากลม (Pneumatic devices) จะให้แรงต้านโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ แต่จะขึ้นอยู่กับแรงดันของอากาศที่สร้างขึ้น และพื้นที่ที่แรงดันนั้นกดลง ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยเดนนิส ไกเซอร์ ผู้ก่อตั้งเทคโนโลยีนิวแมททิค เรียกว่าเครื่อง ไกเซอร์ ได้ออกแบบเครื่องมือนี้ขึ้นทำให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่าการใช้ฟรีเวทเมื่อแรงต้านที่ให้เท่ากัน

สมการที่ 1

$$P = \frac{F\ (Pneumatic)}{A}$$ โดย

P คือ ความดันอากาศ (Air pressure, Pa)

F (Pneumatic) คือ แรงลัพธ์ทั้งหมด (Resultant force)

A คือพื้นที่ที่ซึ่งอากาศกดลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

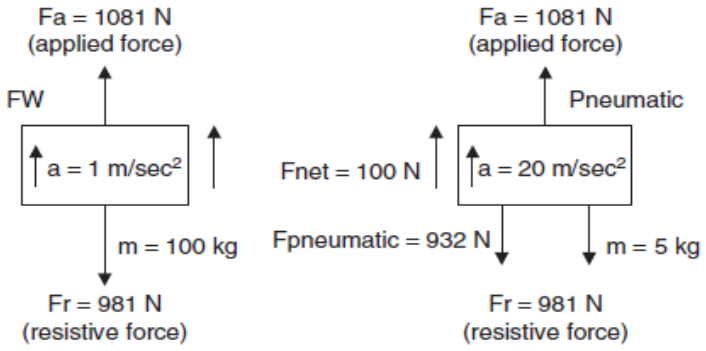
ความเร่ง และแรง (Acceleration and force)

นอกจากนี้ข้อดีของนิวแมททิคยังถูกคิดมาจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ดังแสดงในสมการที่ 2 ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิว

แมททิคจะใช้ความดันของอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท โดยที่แรงที่ใช้ในการออกแรงเท่ากัน (Applied force) ดังแสดงในภาพที่ 6

สมการที่ 2

F (net) = m (mass) × a (acceleration)



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบคิเนเมติค (Kinematic) และคิเนติค (Kinetic) ตามทฤษฎีของอุปกรณ์แรงต้านแบบอิสระ (free weight) และแรงต้านจากนิวแมทติค โดยให้มีแรงต้านเท่ากัน (Frost et al., 2010) จะเห็นได้ว่ามวลของวัตถุด้วยแรงต้านจากแรงอัดอากาศที่น้อยกว่าจะทำให้เกิดความเร่งที่สูงมากกว่ามวลของวัตถุจากแรงต้านด้วยน้ำหนัก ในขณะที่มีแรงต้านเท่ากัน

วิลสัน (Wilson, 1994) ได้กล่าวว่า ระบบนิวแมทติค จะช่วยในการเปลี่ยนน้ำหนักระหว่างช่วงเอ็คเซ็นตริค และคอนเซ็นตริค และระหว่างความแตกต่างของการยกแต่ละเซต โดยผู้สร้างได้สร้างเครื่องนี้ว่า ไกเซอร์ (Keiser) ซึ่งเครื่องฝึกนี้จะทำให้ผู้ฝึกปรับแรงต้านในการยกแต่ละครั้งได้ แรงต้านจะถูกปรับโดยผู้ใช้เองโดยการกดปุ่ม ที่ซึ่งจะไปเปลี่ยนความดันในกระบอกสูบ

แรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ

ชาร์ลเลอร์ และบราวน์ (Chandler and Brown, 2007) กล่าวว่า อุปกรณ์แรงต้านด้วยแรงอัดอากาศได้ใช้แรงดันของอากาศมาเป็นแรงต้านทั้งการออกกำลังกายแบบคอนเซ็นตริค (Concentric) และเอกเซ็นตริค(Eccentric) การอัดแรงอัดอากาศก็เปรียบเสมือนกับการอัดความดันใส่หลอดฉีดขนาดใหญ่ โดยที่ใช้ความดันอากาศซึ่งยิ่งสูงมากแรงต้านก็จะยิ่งมีมาก เมื่อมีการเคลื่อนไหวก็จะเกิดแรงกดขึ้น ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและกลายเป็นแรงต้าน ทำให้เกิดกราฟแนวแรง

ของแรงต้านที่สูงขึ้นซึ่งเหมาะกับกราฟความแข็งแรงที่สูงขึ้นของการเคลื่อนไหวของมนุษย์อย่างมีเหตุมีผลได้เป็นอย่างดี เมื่อเคลื่อนไหวในช่วงการเคลื่อนที่แบบเอ็กเซ็นตริค (Eccentric) และคอนเซ็นตริค (Concentric) แรงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อน้ำหนักในการฝึกมีการเปลี่ยนแปลง

บทความของ บริษัท Keiser Corporation (2011) กล่าวว่า ด้วยกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์บางข้อ ทำให้การฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ ถ้ามีการฝึกยกด้วยแผ่นน้ำหนักโดยใช้ความเร็วไม่มาก หรือ ความเร็วคงที่นั้นน้ำหนักที่ใช้ฝึกจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้ามีความเร็วเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักที่ใช้ฝึกนั้นจะเปลี่ยนไป กล่าวคือ ขณะที่เริ่มยกขึ้นจะรู้สึกหนักมาก เมื่อเพิ่มความเร็วขึ้น ก็จะรู้สึกเบาขึ้นเหมือนน้ำหนักที่เคยยกปกติ เมื่อลดความเร็วลงจนหยุด จะรู้สึกว่าน้ำหนักเบาลง ซึ่งเราสามารถเห็นความเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน แม้ว่าในความเป็นจริงน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะมีแรงพยายามอย่างมากในการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก เหมือนกันกับการยกคานเหล็ก หรือแผ่นเหล็กขึ้น แรงพยายามจะทำให้ เรายกคานเหล็กและแผ่นเหล็กขึ้นในทิศทางเดิมเพราะความเร่งในการยกคานและแผ่นเหล็กนั้นกำหนดโดยผู้ยกเอง

พื้นฐานทางทฤษฎีที่ มาจากกฎ ของนิวตัน ที่ว่าแรง เท่ากับมวลคูณ ความเร่ง (ความเร่งคือการเปลี่ยนแปลงความเร็ว) $F = m \times a$

ความเร่ง คือ การเปลี่ยนแปลงแปลงความเร็วในขณะเคลื่อนที่ เพื่อให้ไปถึงความเร็วสูงสุด ความเร่งมีความสำคัญอย่างมาก ตัวอย่างจากสูตรการคำนวณแสดงให้เห็นว่า มวลมากจะทำให้แรงที่เกิดขึ้นมากขึ้นด้วย แต่ก็ขึ้นอยู่กับความเร็วและความเร่งด้วย ซึ่งไม่สามารถใช้ได้กับการยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร่ง เนื่องจาก แรง จะเท่ากับหรือมากกว่าน้ำหนักที่ยกในช่วงแรก ตัวอย่างเช่น นักทุ่มน้ำหนักต้องใช้ความพยายามอย่างมาก ในการออกแรงในช่วงแรก เพราะว่า นักกีฬาต้องใช้ความเร่งที่มากในการทุ่มน้ำหนัก จึงทำให้เกิดระยะทางที่มากขึ้นตามไปด้วย กฎของนิวตันเป็นสิ่งที่ท้าทายอย่างมากในการออกแบบเครื่องออกกำลังกายที่ใช้แรงต้าน ตั้งแต่ ปี 1898 โดย Max Herz และ Nautilus machine ของ โจนส์ (Jones) ในปี 1970 เป็นสิ่งที่ยิ่งใหญ่มากเมื่อทำให้ความเร่งเข้าใกล้ศูนย์ได้ สมัยก่อนใช้เหล็กเป็นแรงต้าน แต่ โจนส์ (Jones) ไม่ได้ลดน้ำหนักมวลลง เพราะเขาต้องการปรับความเร่งให้เข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด เพราะฉะนั้น เขาจึงให้ฝึกน้ำหนักด้วยความเร็วที่น้อยเพราะจะทำให้ความเร่งไม่มีผลกับแรง

ต่อมา เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกทำในทางตรงกันข้าม เพราะความเร็วเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการฝึกนักกีฬา Keiser เลือกที่จะไม่ลดความเร่ง แต่ไปลดมวลแทน นั่นหมายความว่าแผ่นเหล็กจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก แต่แรงต้านยังคงเท่าเดิม

เดนนิส ไกเซอร์ (Dennis Keiser) เลือกใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ เป็นเทคโนโลยีของเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Keiser) เรียกว่า เทคโนโลยีแรงอัดอากาศ (Pneumatic Technology) ซึ่งใช้หลักการทำงานง่ายๆ โดยใช้หลักของกระบอกลมอากาศมาสร้างเป็นอุปกรณ์ เมื่อกดปุ่มเครื่องหมาย (+) อากาศจะไหลจากเครื่องบีบอัดอากาศ ไปสู่กระบอกลม กดปุ่มค้างไว้นานอากาศก็จะไหลเข้ามามาก เพิ่มแรงให้มากขึ้น เมื่อถึงระดับแรงที่ต้องการให้ปล่อยมือจากปุ่มเครื่องหมาย (+) อากาศก็จะอยู่ในกระบอกลม

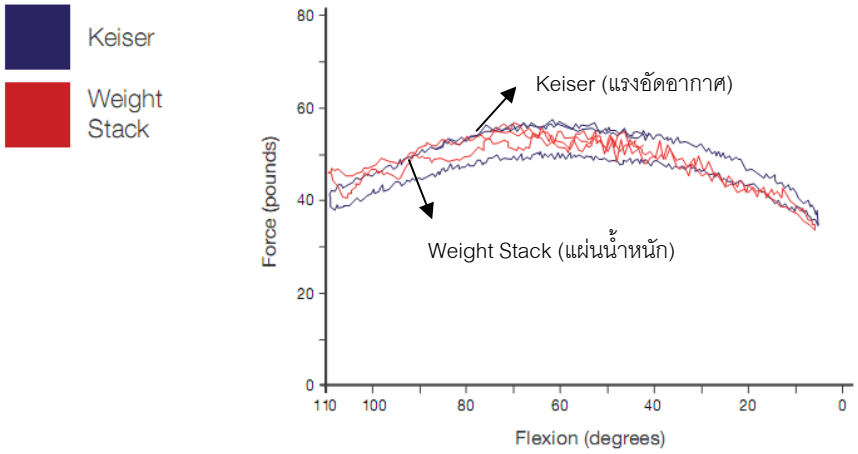
เมื่อออกแรงโดยใช้กล้ามเนื้อแบบ Concentric กระบอกลมจะทำให้เกิดแรงต้านจากความดันอากาศในกระบอกลม ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากได้กระทำ สองอย่างพร้อมกันคือ

1. เพิ่มความดันอากาศในกระบอกลม เพิ่มแรงต้านซึ่งสร้างโดยกระบอกลม ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ในระบบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงต้านเป็นเส้นโค้ง ซึ่งเป็นวิธีการออกแรงต้านกับกระบอกลมโดยร่างกายของเราเอง เป็นการออกแรงแบบ Concentric คือกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า มีการเปลี่ยนแปลงคาน และมุมการเคลื่อนไหว
2. มีแรงต้านในการออกแรงขากลับ ซึ่งจะเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ Eccentric ซึ่งไม่เหมือนกับระบบ ไฮโดรลิกที่จะไม่การสร้างแรงต้านขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบ Eccentric

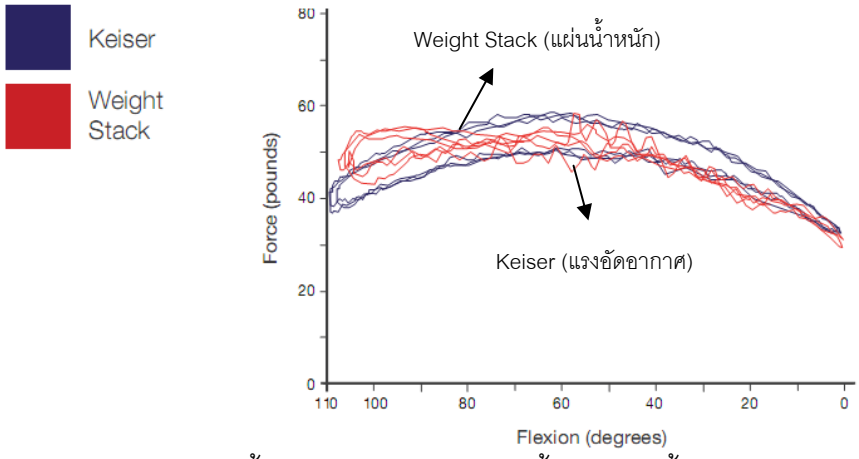
เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Keiser) สร้างแรงต้านทั้งในทางบวกและทางลบ (ทั้งยกขึ้นและลง) เหมือนกับการยกแผ่นน้ำหนัก แต่ไม่มีแรงกระแทกที่รุนแรง ทั้งจากการเริ่มยกและวางลง เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Keiser) จะลดแรงกระแทกตลอดเวลาที่ออกกำลังกาย เราสามารถลดแรงต้านโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดปุ่ม (-) ค้างไว้ ซึ่งจะเป็นการปล่อยอากาศออกจากกระบอกลม

ความแตกต่างระหว่างที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน สังเกตได้จากกราฟ แสดงค่าแรงในการออกกำลังกายท่าเตะขาไปด้านหน้า (leg-extension) ระหว่างการใช้แผ่นน้ำหนัก กับการใช้เครื่องที่ใช้แรงอัดอากาศ ของ Keiser กราฟจะแสดงค่าแรงที่ได้จากการออกกำลังกายทั้งสองเครื่อง โดยใช้แรงต้านเท่ากัน มีแผ่นวัดแรงติดที่ขาและส่งผลไปยังคอมพิวเตอร์แสดงออกมาเป็นกราฟค่าแรงกับค่ามุมที่ใช้

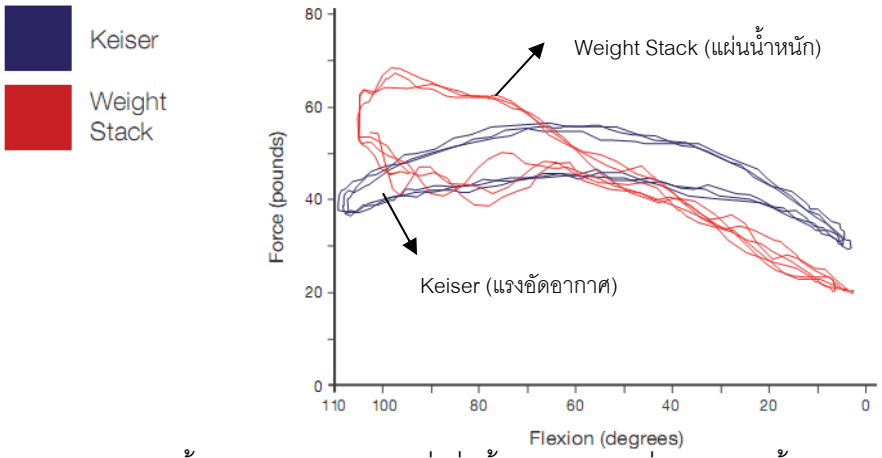
กราฟแสดงแรงที่เกิดขึ้นที่มุมต่าง ๆ ของการฝึกด้วยเครื่องเตะขา (Leg Extension) ระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight Stack) และการฝึกด้วยแรงอัดอากาศ (Keiser)



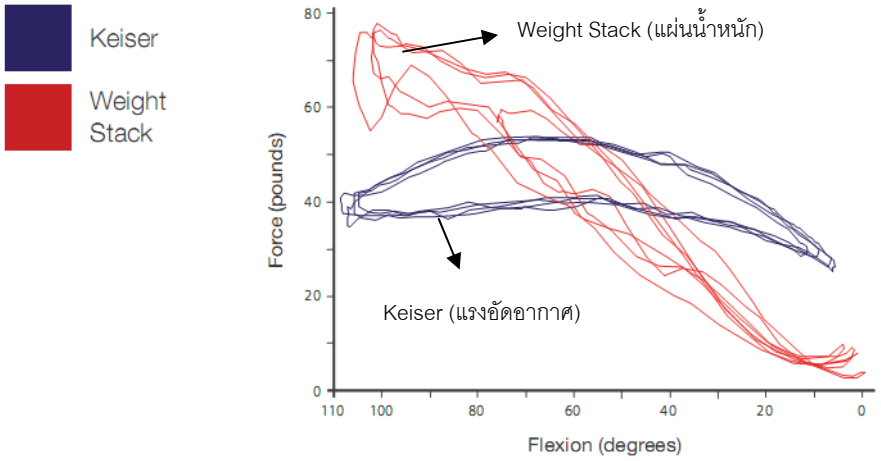
ภาพที่ 7 กราฟแสดงการเตะขา ขึ้น-ลงด้วยความเร็ว ในการเตะขึ้น 4 วินาที และลง 4 วินาที จะเห็นได้ว่าแรงที่เกิดขึ้น จากการฝึกทั้งสองรูปแบบนั้นใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 8 กราฟแสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากขึ้น คือ เตะขึ้น 2 วินาที และลง 2 วินาที จะเห็นได้ว่าช่วงแรกของการออกแรงเกิดแรงเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยในการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนัก ส่วนเครื่องที่ใช้แรงอัดอากาศของ Keiser ไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลง มุมที่เหมาะสมในการออกแรง คือ 60-70 องศา (flexion) แต่ข้อควรระวังในการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักคือตอนเริ่มต้นของการออกแรงหัวเข่าอาจได้รับการบาดเจ็บได้



ภาพที่ 9 แสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น กว่ากราฟที่ 2 คือ เตะขึ้น 1 วินาที และลง 1 วินาที จะเห็นได้ชัดว่ากราฟของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนัก (Weight Stack) และ แรงอัดอากาศ (Keiser) มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักจะเกิดแรงช่วงแรกมากขึ้นถึง 70%



ภาพที่ 10 แสดงการเตะขา ขึ้น-ลง ด้วยความเร็วมากที่สุด คือ เตะขึ้น 1/2 วินาที และลง 1/2 วินาที กราฟของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักจะแตกต่างกับการฝึกด้วยแรงอัดอากาศอย่างชัดเจน พิสูจน์ได้ถึงกฎของนิวตัน กล่าวคือ ช่วงแรกของการฝึกด้วยแผ่นน้ำหนักนั้น เมื่อเริ่มยกแผ่นน้ำหนักจะต้องใช้แรงอย่างมากเพื่อสร้างความเร่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความเร็วในการยกตามมา แต่ในช่วงหลังแรงต้านจะต่ำลงเมื่อแผ่นน้ำหนักเคลื่อนช้าลงจนหยุด ซึ่งตรงกันข้ามกับการฝึกด้วยแรงอัดอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าผู้ใช้จะฝึกด้วยความเร็วที่มากขึ้นแค่ไหน แรงที่เกิดขึ้นจะมากที่สุดที่มุม 60-70 องศา ซึ่งเป็นมุมที่เหมาะสมต่อการฝึก และลดการเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกที่มีความเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากในการฝึกนักกีฬา

การฝึกแรงต้านในปริมาณมากจะทำให้เกิดอันตรายต่อ ข้อต่อและเอ็นได้ง่าย ทำให้การฝึกความเร็วเพื่อให้ได้ความเร็วสูงๆ นั้นเป็นอันตรายอย่างมาก แต่สำหรับการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักนั้นทำให้กล้ามเนื้อออกแรงอย่างมากแต่จะปลอดภัยกับข้อต่อและเอ็น เพราะปราศจากแรงกระแทก จึงเป็นผลดีต่อการออกกาลังกายของผู้สูงอายุ ผู้ที่ต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายจากการได้รับบาดเจ็บ ให้หายได้ในระยะเวลาอันสั้น สำหรับในชีวิตประจำวันความแข็งแรงเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิต กำลังหรือความแข็งแรงจึงเป็นกุญแจสำคัญที่จะบ่งบอกถึงความสามารถของแต่ละคน และเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่ามีประสิทธิภาพทางกายมากน้อยเพียงใด

เทคโนโลยีแรงอัดอากาศ ของ Keiser จึงเป็นสิ่งหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการสร้างแรงต้านรูปแบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้ในการฝึกหรือออกกำลังกายได้

ข้อดีของระบบนิวแมติก

อนุชา หิรัญวัฒน์ (2548) กล่าวว่า

1. ลมอัดมีความเร็วในการเคลื่อนที่สูง ดังนั้นความเร็วของการทำงานก็จะมีค่าสูงไปด้วย
2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงสามารถก่อให้เกิดการทำงานได้โดยตรง
3. ความเร็ว และแรงของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติก สามารถทำการปรับแต่งได้ตามต้องการ
4. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อได้ง่าย แม้ว่าจะมีระยะทางไกลก็ตาม
5. เครื่องมือและอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติก สามารถป้องกันการทำงานเกินกำลังได้

ข้อเสียของระบบนิวแมติก

สิริวัฒน์ ไวยนิตย์ (2551)

1. การทำงานของระบบนิวแมติกมักจะมีเสียงดัง เพราะจะต้องมีการระบายลมทิ้ง เนื่องจากลมที่ปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศจึงจำเป็นต้องมีท่อเก็บเสียง
2. ลมที่ได้มาจากการอัดตัวในระบบนิวแมติกจะมีความชื้นปนอยู่ และเมื่อความดันลดลงจะทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นได้
3. ความดันของลมอัดในระบบนิวแมติกจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงความดันก็จะสูง และถ้าอุณภูมิต่ำความดันก็จะต่ำลงด้วย

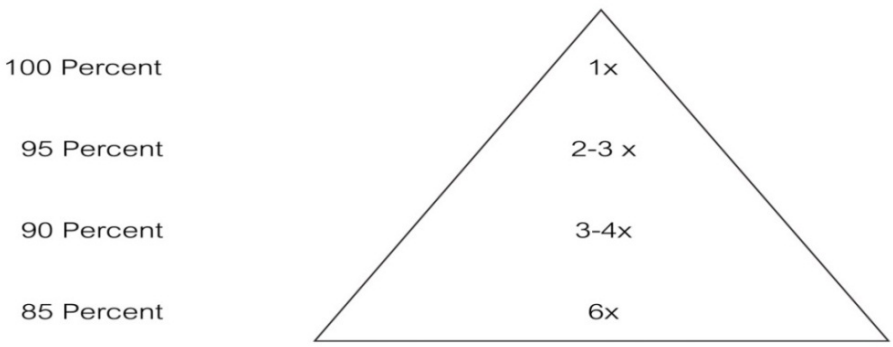
4. ถ้าต้องการแรงในการใช้งานมาก เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางโตขึ้นเพื่อที่จะให้ได้แรงตามต้องการ ซึ่งลูกสูบในระบบนิวแมติกจะมีขีดจำกัดอยู่

รูปแบบการใช้แรงต้านในการฝึก (Loading patterns)

บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวว่าถ้ามีการฝึกหลายๆชุด (Set) และใช้น้ำหนักไม่มากพอผลลัพธ์ที่ได้ ก็จะเป็นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อให้ใหญ่ขึ้น แต่ไม่ใช้การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด เนื่องจากการฝึกแบบนี้จะทำให้เกิดอาการล้าจึงไปลดการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด โดยได้แบ่งรูปแบบการใช้ แรงต้านในการฝึกไว้ดังนี้

รูปแบบแบบพีระมิด (Pyramid pattern)

เป็นรูปแบบที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กัน โดยจะใช้แรงต้านเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงแรงต้านที่มากที่สุด ในขณะที่จำนวนครั้งในการยก (Repetitions) ก็จะลดลงตามสัดส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยตัวเลขภายในสามเหลี่ยม หมายถึงจำนวนครั้งในการยกแต่ละชุด ส่วนตัวเลขด้านซ้ายของรูปสามเหลี่ยมคือ ค่าแรงต้านที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ซึ่งประโยชน์ทางสรีรวิทยาจาก การฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิด คือสามารถทำให้เกิดการระดมของหน่วยยนต์ (Motor units) ในกล้ามเนื้อได้ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด

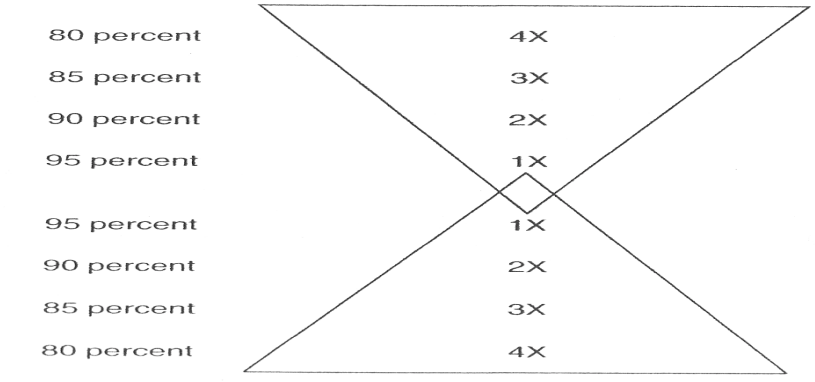


ภาพที่ 11 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิด (Bompa, 1999)

รูปแบบพีระมิดคู่ (Double pyramid pattern)

จะประกอบด้วย 2 พีระมิด โดยที่อีกอันหนึ่งจะหงายหัวกลับด้านมาต่อกับอีกอัน หรือหมายถึงเอาปลายแหลมของทั้ง 2 พีระมิดมาชนกัน โดยจำนวนครั้งในการยกแต่ละชุดจะลดลงเรื่อยๆจากส่วนท้ายของพีระมิดไปสู่ยอด หลังจากนั้นเมื่อมาเจอกับปลายของพีระมิดที่ 2 จำนวนครั้งในการ

ยกแต่ละชุดก็จะเพิ่มขึ้นๆจนถึงส่วนท้ายของพีระมิดอันที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4 ตัวเลขด้านซ้ายคือค่าแรงต้านที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด โดยผู้สนับสนุนการฝึกโดยใช้แรงต้านรูปแบบพีระมิดคู่นี้ได้กล่าวว่าในชุดท้ายๆของการฝึก ซึ่งจะใช้แรงต้านที่ 85 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดนั้นจะเป็นการพัฒนาที่พลังกล้ามเนื้อมากกว่า เนื่องจากสมมุติฐานที่ว่าน้ำหนักที่ใช้ต้านลดลงก็จะให้ออกแรงต้านได้เร็วขึ้น ซึ่งในขณะที่ปฏิบัติการฝึกในชุดท้ายๆของการฝึกนั้นจะทำให้ทั้งระบบประสาทส่วนกลางและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึกเกิดการล้า จึงไม่เกิดการพัฒนาดังที่ต้องการในชุดการฝึกท้ายๆ และสมมุติฐานอีกอย่างคือ เมื่อเกิดการล้าขึ้น ก็อาจจะไปลดการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด หดตัวเร็ว ดังนั้นผลลัพธ์ของการฝึกชุดท้ายจึงเป็นการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อมากกว่าการพัฒนา พลังกล้ามเนื้อ ซึ่งถ้าต้องการที่จะพัฒนาการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วก็ควรที่จะฝึกในช่วงแรก อย่าคาดหวังว่าจะไปพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในช่วงสุดท้ายของการฝึก เนื่องจากจะมีการล้ามารบกวน ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาทั้งความแข็งแรงสูงสุดและขนาดของกล้ามเนื้อในช่วงเดียวกันของการฝึกรูปแบบนี้จึงเหมาะสมที่สุดในการเลือกฝึก

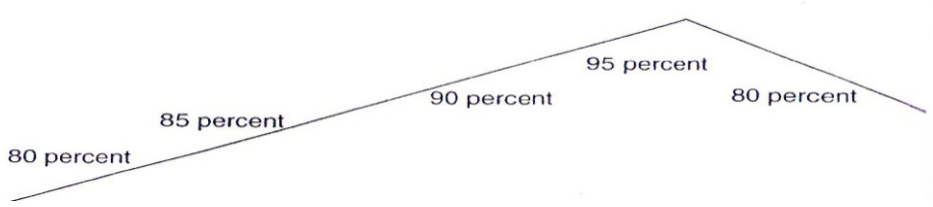


ภาพที่ 12 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดคู่ (Double pyramid pattern) (Grosser and Neumeier, 1986)

รูปแบบพีระมิดเอียง (Skewed pyramid pattern)

รูปแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความหลากหลายของรูปแบบพีระมิดคู่ โดยแรงต้านที่ใช้ฝึกจะเพิ่มขันไปเรื่อยๆจนกระทั้งชุดสุดท้ายให้ทำการลดแรงต้านลง ตัวอย่างเช่น ฝึกโดยใช้แรงต้านที่ 80, 85, 90, 95 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5

จุดประสงค์ที่ลดแรงต้านลงในชุดสุดท้ายเพื่อให้เกิดความหลากหลาย และเป็นแรงจูงใจในการกระตุ้นการยกน้ำหนักให้เร็วที่สุด โดยนักกีฬาจะถูกบอกให้ยกให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งการฝึกรูปแบบพีระมิดคู่นั้นการล้าจะมายับยั้งการออกแรงยกด้วยความเร็ว แต่ในการฝึกแบบพีระมิดเอียงนั้นจะมีการยกชุดสุดท้ายที่จำนวนครั้งน้อยคือ 4-6 ครั้ง ดังนั้นการล้าจึงไม่เกิดขึ้นและไม่ส่งผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

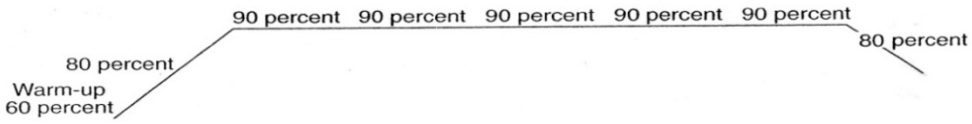


ภาพที่ 13 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดเอียง (Skewed pyramid pattern) (Bompa, 1999)

รูปแบบพีระมิดราบ (Flat pyramid pattern)

เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดในการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด ในการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกตินั้นความหนักที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 70-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด (Repetitions maximum) ซึ่งเป็นทั้งแรงต้านในระดับ ปานกลาง หนัก และสูงสุด แต่จะพบว่าแรงต้านที่เหมาะสมกับการฝึกเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะอยู่ระหว่าง 85-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ดังนั้นการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกติจึงให้ผลทั้งต่อทั้งพลังกล้ามเนื้อและความแข็งแรง ถึงแม้ว่าผลทั้ง 2 อย่างของการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกติจะเป็นประโยชน์ทั่วๆไปกับนักกีฬา แต่ก็ไม่ได้เน้นในการเพิ่มความแข็งแรงสูงสุด เพราะฉะนั้นถ้าวัตถุประสงค์หลักต้องการที่จะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดอย่างเดียว ก็ควรอย่างยิ่งที่จะฝึกรูปแบบพีระมิดราบ ตัวอย่างวิธีการฝึกดังที่แสดงในภาพที่ 6 คือ การวอร์มอัพ โดยการใช้แรงต้านเบาๆ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด แล้วยกอีกครั้งโดยใช้แรงต้านระดับปานกลางที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด หลังจากนั้นให้คงที่ความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด จนจบการฝึก แต่ถ้าต้องการเพิ่มความหลากหลายในการฝึกก็ให้ลดความหนักในชุดสุดท้ายของการฝึก เช่นลดลงเหลือ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ประโยชน์ทางสรีรวิทยาจากการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดราบซึ่งใช้ แรงต้านคงที่แรงต้านเดียวนั้นคือ การปรับเปลี่ยนระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) ต่อการพัฒนาความแข็งแรง

สูงสุดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยไม่ทำให้ร่างกายสับสนจากการเปลี่ยนแรงต้านที่ฝึกหลายๆระดับแรงต้าน ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด ก็ควรที่จะฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดราบ โดยสามารถเลือกใช้แรงต้านในช่วงคงที่เท่าไหร่ก็ได้แต่ควรอยู่ในช่วง 85-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด เพราะเป็นแรงต้านที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด



ภาพที่ 14 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดราบ (Flat pyramid) (Bompa,1999)

การฝึกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์ (2546) ได้กล่าวถึงความหมายของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและการแสดงความสามารถทางกีฬา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำให้ร่างกายได้เคลื่อนไหวและออกแรงกระทำต่อแรงภายนอก ซึ่งบลูมฟิลด์ และคณะ (Bloomfield et al., 1994) ได้กล่าวว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึง ปริมาณของแรงที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงเพื่อเอาชนะแรงต้านทานด้วยความพยายามอย่างเต็มที่ ทอมสัน (Thompson, 1991) ได้กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด โดยเส้นใยกล้ามเนื้อภายในมัดกล้ามเนื้อจะตอบสนองเมื่อมีการฝึกแบบมีแรงต้านหรือฝึกด้วยน้ำหนัก ซึ่งสามารถแยกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แบ่งได้ 3 ประเภทคือ

ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงสูงสุด โดยไม่ได้กำหนดว่าจะใช้ความเร็วในการเคลื่อนไหวในการออกแรง แต่ที่สำคัญ คือ ต้องการออกแรงที่มีแรงต้านสูงสุด

ความแข็งแรงแบบยืดหยุ่น (Elastic strength) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงอย่างรวดเร็ว เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่อาศัยความเร็วในการหดตัวและความเร็วในการ

เคลื่อนไหว หรือที่เรียกว่า พลัง (Power) เป็นความแข็งแรงที่พิเศษและมีความสำคัญในการออกแรงแบบระเบิด (Explosive) ในการออกตัววิ่ง การกระโดด การทุ่ม พุ่ง และขว้าง

ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อออกแรงได้อย่างต่อเนื่อง เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่อาศัยความแข็งแรงและทนทานในการเคลื่อนไหว เช่น การลุก นั่ง (Sit up) การดันพื้น (Push up) การวิ่ง 60 วินาที ถึง 8 นาที ก็เป็นการออกกำลังกายประเภทความแข็งแรงอดทน

ชาร์เกย์และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่า ความแข็งแรง (Strength) จะมีความหมายเหมือนกับคำว่าแรง (Force) ซึ่งแรงหมายถึงความสามารถในการเคลื่อนวัตถุ ดังนั้น ความแข็งแรงจึงหมายถึง แรงที่มากที่สุดจากการออกแรงของกล้ามเนื้อในหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกโดยใช้แรงต้านนั้นจะสามารถเพิ่มการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อและพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้จะพบว่าความแข็งแรงของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ชนิดหดตัวเร็ว และชนิดผสม จะเท่ากันเมื่อเทียบโดยที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากันแต่จะแตกต่างกันที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและชนิดผสมจะสามารถสร้างแรงได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวเกี่ยวกับความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) ไว้ว่า ความสามารถของนักกีฬาที่จะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดได้นั้น ขึ้นอยู่กับการที่นักกีฬาสามารถเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางหรือพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง หรือกล่าวให้เจาะจงลงไปก็คือการเพิ่มของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อไมโอซิน (Myosin) และยังขึ้นอยู่กับความสามารถของ การไขว้บิดกันระหว่างเอกติน และไมโอซินครอสบริดจ์ (Myosin cross-bridges) ซึ่งหมายถึงการที่สามารถระดมใช้ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และสามารถปลุกระดม (Synchronize) ให้ใช้ทุกๆกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหวได้พร้อมๆกัน โดยขนาดของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับระยะเวลาในช่วงการฝึกเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ซึ่งจะเป็นช่วงของการฝึกเพื่อเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยไมโอซิน และองค์ประกอบของโปรตีนที่สร้างขึ้นเป็นครอสบริดจ์ (Cross bridges) ของกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณ และช่วงเวลาของการฝึกในช่วงการฝึกเพิ่มความแข็งแรงสูงสุด ส่วนความสามารถในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ชนิดหดตัวเร็วจะขึ้นอยู่กับทั้งวิธีการฝึกที่ฝึกโดยใช้แรงต้านสูงสุด และการฝึกที่เคลื่อนไหวในลักษณะพลังระเบิดของกล้ามเนื้อเป็นหลัก ซึ่งเป็นลักษณะของการการฝึกความแข็งแรงที่สามารถระดมการใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การที่จะพัฒนาการระดมให้ใช้กล้ามเนื้อพร้อมๆกัน (Muscle synchronization) จะขึ้นโดยตรงกับการเรียนรู้ ซึ่งหมายถึงการฝึกท่านั้นซ้ำๆ จนเกิดการเรียนรู้

การพัฒนาความแข็งแรงนั้นเป็นผลมาจากการสร้างความตึงให้กับกล้ามเนื้อ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับวิธีการฝึก และการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดเป็นผลมาจากการการระดมของหน่วยยนต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว เพราะฉะนั้นนักกีฬาจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่มากๆหรือเพิ่มน้ำหนักตัวให้มากเพื่อที่จะทำให้แข็งแรงขึ้น โดยทั้งการฝึกความแข็งแรงสูงสุดและพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาควรเรียนรู้ที่จะเรียกใช้กล้ามเนื้อให้พร้อมเพียงกัน และควรมีการใช้แรงต้านที่สามารถระดมการใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วให้ได้มาก ซึ่งแรงต้านที่ใช้ฝึกควรมากกว่า 80 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปกับการฝึกช่วงการฝึกความแข็งแรงสูงสุด โดยเฉพาะวิธีการใช้แรงต้านสูงสุด ที่จะทำให้นักกีฬาสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดได้รวมไปถึงการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ ในการ หดตัวของกล้ามเนื้อทั้ง 3 รูปแบบ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกสามารถสร้างความตึงได้สูงสุดรองลงมา คือแบบไอโซเมตริกและแบบคอนเซ็นตริกตริกสอดคล้องกับ วิลสัน (Wilson, 1994) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการเกิดแรงมากที่สุดนั้นมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก รองลงมาเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกตามลำดับการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดจะไม่กระทำภายใต้สภาวะที่อ่อนล้าเหมือนกับการฝึกสร้างกล้ามเนื้อเนื่องจากการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดจะมีการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางที่ระดับสูงสุด เช่น การที่ต้องสร้างสมาธิจดจ่อ และ การสร้างแรงกระตุ้น ซึ่งการฝึกความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะพัฒนาเกี่ยวข้องไปยังระบบประสาทส่วนกลาง ดังนั้นจึงช่วยพัฒนาการทำงานประสานกันของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ (Muscle Coordination) รวมไปถึงการเรียกใช้กล้ามเนื้อโดยพร้อมเพียงกัน (Synchronization) โดยการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางที่ระดับสูงสุดนั้น นอกจากจะช่วยในการเรียกใช้กล้ามเนื้อโดยพร้อมเพียงกันแล้วยังช่วยในการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับการเคลื่อนไหว (Antagonistic muscle) ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการใช้แรงสูงสุด กล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะทำงานประสานไปในแนวเดียวกัน โดยจะไม่หดตัวมาต้านกับการเคลื่อนไหว ในสภาพปกตินั้นระบบประสาทส่วนกลางจะทำหน้าที่ยับยั้งการระดมของหน่วยยนต์ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่เมื่ออยู่ในภาวะสุดขีด

เช่น ภาวะกลัว หรือ ภาวะเสี่ยงเป็นเสี่ยงตาย ปฏิกิริยาการยับยั้งจะถูกกำจัดออกไป เป็นผลให้มีการระดมของทุกหน่วยยนต์ โดย ฟอคซ เบาเวซ และ ฟอส (Fox, Bowes, and Foss, 1989) ได้กล่าวว่า จุดประสงค์หลักของการฝึกความแข็งแรงสูงสุดคือ การเรียนรู้ที่จะกำจัดปฏิกิริยาการยับยั้งจากระบบประสาทส่วนกลางนั้นเอง ซึ่งการลดลงของปฏิกิริยาการยับยั้งของระบบประสาทส่วนกลาง จะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิลสัน (Wilson, 1994) ได้กล่าวว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีความสำคัญต่อระดับความสามารถของนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างยิ่ง เมื่อกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงน้อย อาจจะพัฒนาให้กล้ามเนื้อออกแรงอย่างรวดเร็วได้อย่างเต็มที่ และการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ ทำให้เรารู้สึกว่าเป็นผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายดี มีความสามารถสูงในการเคลื่อนไหว อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างให้กระดูก เอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นยึดข้อแข็งแรงขึ้น และยังช่วยลดปัญหาทางสุขภาพได้ เช่น การเจ็บป่วย อาการปวดเมื่อยตามร่างกายหรือโรคที่เกี่ยวกับกระดูกและข้อ เป็นต้น การฝึกความแข็งแรง นอกจากจะเพิ่มพลังการใช้พลังงานในแต่ละวัน ยังไปเร่งการเผาพลาญในขณะฝึกอีกด้วย ทำให้ร่างกายเผาพลาญแคลอรี่ได้มากขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักตัวไม่เพิ่มมากเกินไป ทำให้สัดส่วนของร่างกายดีขึ้น กล้ามเนื้อและข้อต่อมีความยืดหยุ่นเคลื่อนไหวได้ตลอดช่วง เฟลค และเครเมอร์ (Fleck and Kraemer, 1987) ได้กล่าวว่า การฝึกความแข็งแรงด้วยน้ำหนักหรือการยกน้ำหนัก ช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายโดยเฉพาะความแข็งแรง พลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อ และยังช่วยเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายและความสามารถทางกีฬาอีกด้วย

การฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบมีแรงต้าน เป็นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อนั้น เป็นผลมาจากการฝึกความแข็งแรงสูงสุด และความแข็งแรงแบบยืดหยุ่นมากกว่า การฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ถ้าไม่ฝึกความแข็งแรงก็จะทำให้ดีที่สุดได้ โดยการฝึกที่น้ำหนักมาก ใช้จำนวนครั้งน้อย ส่วนความแข็งแรงแบบยืดหยุ่นหรือพลังงานสามารถพัฒนาได้ โดยใช้น้ำหนักปานกลาง โดยใช้จังหวะที่เร็ว ส่วนการฝึกความแข็งแรงแบบอดทนสามารถพัฒนาได้โดยใช้น้ำหนักน้อยแต่จำนวนครั้งมาก (Thompson, 1991)

ดังนั้น การฝึกด้วยน้ำหนัก นอกจากจะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแล้ว ยังมีส่วนช่วยให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าในการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น ให้ความหนักมากเกินไปจะทำให้พลังลดลงได้ หรือนักกีฬาที่มีความแข็งแรงอยู่แล้วการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อด้วยการฝึกด้วย

น้ำหนักโดยทั่วไปอาจจะไม่ได้ผล เพราะการฝึกด้วยน้ำหนักนั้นไม่สามารถปล่อยแรงในจังหวะสุดท้ายออกไปได้ จึงมีการผ่อนแรงในจังหวะสุดท้าย ทำให้ไม่สามารถออกแรงแบบแรงระเบิดได้

กอร์ดอน (Gordon, 1954) หลักการฝึกเกิน เป็นหลักที่สำคัญที่สุดในการฝึกยกน้ำหนัก เพราะน้ำหนักเป็นแรงต้าน ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อทำงานมากกว่าสภาวะปกติในชีวิตประจำวัน น้ำหนักที่เกินจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเจริญเติบโตขึ้น แข็งแรงขึ้น หลักการฝึกเกินจึงต้องทำโดย

1. เพิ่มแรงต้านหรือน้ำหนักที่จะยก
2. เพิ่มจำนวนครั้งของการยก

หลักการใช้แรงต้านทานก้าวหน้า กล้ามเนื้อต้องได้รับการฝึก โดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านทาน ยิ่งน้ำหนักมากเท่าใดก็จะยิ่งกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเจริญเติบโตมากขึ้นเท่านั้น หลักการใช้แรงต้านทานจึงเป็นหลักในการฝึกยกน้ำหนัก ซึ่งต้องทำเป็นชุดและจำนวนครั้ง คือ 2 – 3 ชุด และ 7 – 12 ครั้ง เป็นหลักทั่วๆไป

หลักการฝึกเฉพาะเจาะจง การฝึกกล้ามเนื้อต้องศึกษาว่า มัดกล้ามเนื้อใดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเคลื่อนที่ของกิจกรรมการออกกำลังกายนั้น เนื่องจากกีฬาแต่ละประเภทใช้กล้ามเนื้อมัดสำคัญๆ แตกต่างกัน ควรฝึกกล้ามเนื้อให้เฉพาะเจาะจง หรือใกล้เคียงการนำไปใช้จริงให้มากที่สุด

การวางแผนการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนี้

1. จำนวนครั้งที่ยก 7 – 12 ครั้ง สำหรับการยกแต่ละชุด โดยใช้เวลายกติดต่อกันอย่างน้อย 40 วินาที และไม่ควรเกิน 70 วินาที
2. น้ำหนักที่จะยก การยกน้ำหนักที่มากเกินความสามารถ อาจจะทำให้ไม่สามารถยกได้ถึง 7 และ 12 ครั้ง ดังนั้นควรเลือกใช้น้ำหนักเบาไว้ก่อน โดยสังเกตว่ายกได้ 7 – 12 ครั้งอย่างสบายและฝึกจนกระทั่งสามารถเพิ่มน้ำหนักได้ต่อไป
3. เวลาที่จะเพิ่มน้ำหนักได้ เมื่อยกน้ำหนักได้เกินครั้งที่ 7 และรู้สึกอ่อนแรงเมื่อจะยกในครั้งที่ 9 หรือ 10 สามารถเพิ่มน้ำหนักได้ เพราะนั่นแสดงว่ากล้ามเนื้อพร้อมที่จะรับน้ำหนักได้อีก
4. จำนวนชุด ชุด หมายถึง จำนวนครั้งที่จะยกทั้งหมดแล้วพัก เช่น วิดพื้น 10 ครั้ง เรียกว่า 1 ชุด การวิดพื้นกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ทั้งความแข็งแรงและความทนทาน 2 – 5 ชุด เป็นที่นิยม แต่อย่างไรก็ตาม 3 ชุด เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ดีที่สุด
5. ระยะเวลาพักระหว่างชุด การพักระหว่างชุดเป็นสิ่งจำเป็น โดยใช้เวลาพักระหว่างชุด

ต่อชุด ให้น้อยที่สุด ซึ่งไม่ควรเกิน 1 นาที ส่วนการพักที่นานกว่า 1 นาที ควรเป็นระยะพักในช่วงภายหลังการฝึกการแข็งแรงกล้ามเนื้อเสร็จสิ้นแล้ว และพร้อมที่จะฝึกโปรแกรมสมรรถภาพด้านอื่นๆ เช่น ความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต

6. จะใช้เครื่องมือใด เครื่องมือที่ใช้ในห้องออกกำลัง ผู้ฝึกต้องเลือกใช้จากกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ ก่อน

7. ความบ่อยของการออกกำลังกาย การออกกำลัง 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นที่นิยมกันทั้งการฝึกเพื่อสุขภาพและฝึกเพื่อการแข่งขัน มีการค้นคว้าพบว่า ไม่ควรทิ้งช่วงเวลาการฝึกกล้ามเนื้อแต่ละครั้งนานเกิน 2 – 3 วัน การฝึกจึงน่าจะเป็นวันเว้นวัน หรือ 3 วันติดต่อกัน และพักไม่เกิน 3 วัน

นอกจากนั้น บอมพา (Bompa, 1996) ได้ให้แนวคิดไว้ว่า การฝึกความแข็งแรงเพื่อที่จะพัฒนาระบบประสาทกล้ามเนื้อให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อประสิทธิผลในการแข่งขันกีฬา การฝึกความแข็งแรง จึงเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาพลังหรือความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้แรง ซึ่งจะต้องมีการวางแผน การจัดโปรแกรมการฝึกระยะยาว โดยอาจจะแบ่งได้ดังนี้

ระยะเตรียม

- การฝึกเพื่อการปรับตัวทางกายวิภาค
- การฝึกความแข็งแรงสูงสุด
- การเตรียมไปสู่พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ

ระยะแข่งขัน

- การรักษาสภาพร่างกาย
- การฝึกพลัง
- การฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ
- การหยุดฝึกความแข็งแรง

ระยะการเปลี่ยนแปลง

- การฝึกชดเชย

การฝึกเพื่อการปรับตัวทางกายวิภาค การฝึกระยะนี้เป็นการให้กล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อได้มีการปรับตัวให้รับสภาพการฝึกที่หนักต่อไป และการฝึกระยะนี้จะต้องสร้างความแข็งแรงที่สมดุลกันในการงอและเหยียดของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นระยะที่เตรียมความแข็งแรงพื้นฐาน ที่จะนำไปสู่การฝึกความแข็งแรงสูงสุดต่อไป โดยใช้เวลา 8-10 สัปดาห์

การฝึกความแข็งแรงสูงสุด การฝึกระยะนี้เพื่อที่จะพัฒนาให้เกิดแรงสูงสุด โดยใช้น้ำหนักมากถึง 85% ของ 1 อาร์เอ็ม ขึ้นไป ใช้เวลาฝึก 4-12 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับชนิดกีฬาและความต้องการของนักกีฬา

การฝึกที่นำไปสู่การฝึกแบบอื่น การฝึกระยะนี้เพื่อให้ความแข็งแรงสูงสุดที่ฝึกมาไปใช้กับการฝึกแบบเฉพาะเจาะจง ไม่ว่าจะเป็นการฝึกพลังหรือความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยใช้เวลา 4-5 สัปดาห์ ในการพัฒนาพลังจะใช้เวลา 6-8 สัปดาห์ ในการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ เพราะการฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ จะสัมพันธ์กับกิจกรรมที่ต้องการเวลา ในการปรับตัวที่ยาวนานกว่า

การรักษาสภาพความแข็งแรง เป็นสิ่งจำเป็นในช่วงการแข่งขัน เพราะเมื่อไม่ได้ฝึกพลังและความอดทนของกล้ามเนื้ออาจจะเกิดผลเสียต่อสมรรถภาพทางกายได้ เช่น ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะกลับไปเหมือนก่อนการฝึก การระดมหน่วยยนต์ลดลง ปริมาณแรงลดลง และเมื่อพลังกล้ามเนื้อลดลงก็จะทำให้ความเร็วลดลง ดังนั้นการรักษาสภาพความแข็งแรงไว้ในช่วงการแข่งขันจะทำให้พลังและความอดทนของกล้ามเนื้อคงสภาพอยู่ได้

การฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาความเร็วและความแข็งแรง การฝึกด้วยแรงต้านหรือการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นหัวใจสำคัญในการเตรียมนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความแข็งแรงสูงสุด โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ความต้องการความแข็งแรงของนักกีฬาในแต่ละประเภท
- ระดับความสามารถของนักกีฬา
- กลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเล่นกีฬานั้นๆ
- ลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวท่าต่างๆ
- ลักษณะการเคลื่อนไหวในการฝึกด้วยน้ำหนัก
- ความหนักและความบ่อยของการฝึกด้วยน้ำหนัก
- ความก้าวหน้าของการฝึกด้วยน้ำหนัก

การฝึกด้วยแรงต้าน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. การฝึกด้วยน้ำหนักที่หนักมาก โดยจะใช้ความหนัก 80-90% ของ 1 อาร์เอ็ม ใช้จำนวนครั้งน้อย 4-6 ครั้ง โดยอาศัยทฤษฎีที่ว่า การยกน้ำหนักด้วยความหนักมากจะมีผลทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ได้สูงสุด และเป็นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อให้ใหญ่และแข็งแรงขึ้น การฝึกแต่ละครั้งจะฝึก 3-4 ชุดๆ ละ 4-6 ครั้ง พักระหว่างเซต 2-3 นาที
2. การฝึกด้วยแรงต้านแบบเคลื่อนที่ จะแตกต่างกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่หนัก

มากโดยจะใช้ความหนัก 30-40% ของ 1 อาร์เอ็ม ด้วยจังหวะที่เร็ว การฝึกรูปแบบนี้เป็นการฝึกเฉพาะกีฬาเป็นการสร้างพลังสูงสุดวิธีหนึ่ง โดยจะฝึก 4 ชุดๆ ละ 10-15 ครั้ง ใช้เวลาพักระหว่างชุดน้อยกว่า 30 วินาที

3. การฝึกพลัยโอเมตริก เป็นการส่งเสริมความสามารถของนักกีฬาให้ออกแรงสูงสุดด้วยความเร็วสูง ได้แก่ นักวิ่งระยะสั้น และนักกีฬาประเภททีมที่ต้องใช้การกระโดด การเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว

พลังกล้ามเนื้อ

บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง (Landing/reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตาม

พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80-100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นในขณะลงสู่พื้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทำงานแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมต่างๆ

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิด ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้าง

ความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take - off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่มีการกระโดดนั้น จะต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูง หรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งย่อตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลงจึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายๆ ชนิด ที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่ จะเป็นตัวชี้ถึงผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้ หรือมีการชะลอความเร็วอย่างรวดเร็วสลับกับการเร่งความเร็ว หรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทางต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วโดยการเพิ่มแรงกดของเท้าดันต้านกับพื้นวิ่งได้มากขึ้น หรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber)

บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปผลการศึกษาของเฮคคิเนน และโคมิ (Hakkinen and Komi, 1983) พบว่าการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการฝึกนั้นมีพื้นฐานมาจากมี

การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1.ใช้เวลาน้อยลงในการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว

2.เซลประสาทยนต์ (Motor neurons) มีความอดทนเพิ่มขึ้นในการเพิ่มความถี่ของการปล่อยกระแสประสาท

3.มีความสอดคล้องกันมากขึ้นและดีขึ้นของหน่วยยนต์ (Motor units) กับรูปแบบของการปล่อยกระแสประสาท

4.กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นในเวลาอันสั้น

5.มีการพัฒนาการทำงานประสานกันภายในกล้ามเนื้อ (Intramuscular coordination) หรือมีการทำงานประสานกันมากขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อ (Excitatory reaction) กับปฏิกิริยารั้งการทำงานของกล้ามเนื้อ (Inhibitory reaction) ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของระบบประสาทส่วนกลาง

6.มีการพัฒนาการทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงาน (Intermuscular coordination) ระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หดตัวออกแรง (Agonistic muscles) กับกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงข้ามซึ่งทำหน้าที่คลายตัว (Antagonistic muscles) เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงได้เร็วขึ้น

วิค และคณะ (Wilk et al, 1993) กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือ ศักยภาพของนักกีฬาโดยมีพื้นฐานอยู่ที่ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาอันสั้นที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญคือ ความแข็งแรง และความเร็วที่จะส่งผลให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อนอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมอีก 3 ประการคือ

1. การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม

2. การประสานงานกันที่ดีระหว่างระบบประสาท และกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว

3. ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้กล่าวว่าผู้เล่นที่สามารถเร่งความเร็วได้ดีกว่าก็จะมีความเร็วไปถึงความเร็วสูงสุดก่อนคู่แข่ง ซึ่งสิ่งที่ทำให้สามารถเร่งความเร็วได้ดีกว่าก็คือการที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นเอง ซึ่งพลังกล้ามเนื้อหมายถึง อัตราการทำงานของ

กล้ามเนื้อโดย พลังกล้ามเนื้อแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ ดังความสัมพันธ์ของงาน (work) กับความแข็งแรง (strength) และอัตราเร็ว (velocity) ดังนี้

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

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

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

ดังนั้น

$$\text{Power} = \frac{\text{Force} \times \text{Distance}}{\text{Time}}$$

หรือ

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

ดังนั้นจากสมการจึงทำให้เข้าใจว่าการที่นักกีฬามีความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อมากขึ้น นักกีฬาจึงต้องมีความแข็งแรงที่มากพอเพื่อที่จะสร้างพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงควรที่จะใช้ความเร็วในการฝึกเช่นเดียวกับความเร็วในการแข่งขัน

โอ'เช (O'Shea, 2000) ได้กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ คือความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว ดังนั้นถ้ามี พลังกล้ามเนื้อมากก็จะทำให้มีความสามารถในการเร่งความเร็วมากขึ้นด้วย เพราะฉะนั้นนักกีฬาที่มี พลังกล้ามเนื้อสูงก็จะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการ เร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเพิ่มความเร็วได้อย่างรวดเร็ว เพราะฉะนั้นในการแข่งขันกีฬา เมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมด พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อจึงเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ

ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อจึงไม่สามารถแยกออกจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการ ดังนี้

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

นิวตัน และ เครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อหมายถึง พลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้งซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวที่ต้องการความเร็วสูงในขณะปล่อยอุปกรณ์กีฬาออกไป หรือต้องการความเร็วสูงที่จุดกระทบ นอกจากนั้น ยังมีผลต่อการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเร่งความเร็วในระหว่างการแข่งขันกีฬาชนิดต่างๆด้วย ในขณะที่นักกีฬาพยายามที่จะออกแรงเพื่อทำให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อให้มากที่สุดนั้นนักกีฬาจะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรงและเร่งความเร็วของส่วนต่างๆของร่างกายโดยใช้เวลาน้อยลงทั้งนี้เกิดจากมีการพัฒนากลไกการทำงานของกล้ามเนื้อที่สำคัญสองประการ คือ

1.ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากภายในเวลาสั้น ซึ่งเรียกว่าอัตราการพัฒนาแรง (Rate of the force development)

2.ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

ซึ่งคุณสมบัติอันสำคัญทั้งสองประการนี้เอง เป็นแนวทางในการหายุทธวิธีของการฝึกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สรุปได้ว่า การพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ จะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ คือ

1.ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (Slow velocity strength)

2.ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (High velocity strength)

3.อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

4.วงจรเหยียดตัวออก-หดตัวสั้นลง (Stretch-shortening cycle)

5.การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อร่วมกันทำงานและทักษะของการเคลื่อนไหว (Intermuscular coordination & skill)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป จึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้นยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีการฝึกแบบต่างๆเข้าด้วยกัน ในการพัฒนากล้ามเนื้อของคนที่ยังไม่เคยฝึกมาก่อน การฝึกด้วนน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูงจะให้ประโยชน์มากกว่าในคนที่เคยฝึกหรือนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้ว

ระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกที่ใช้เวลาสั้น และมีความหนักสูง

ฮิลล์ (Hill, 1995) ได้กล่าวว่าระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกที่มีใช้เวลาสั้น และมีความหนักสูง จะเกี่ยวข้อง2 ระบบพลังงานดังต่อไปนี้

ระบบพลังงานเอทีพี และซีพี (ATP-CP)

ปริมาณของเอทีพีที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อจะมีเพียงพอสำหรับการเคลื่อนไหวที่มีความหนักสูงสุดประมาณ 1-2 วินาที หลังจากนั้นครีเอตินฟอสเฟส (Creatine phosphate, CP) จะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสำรองพลังงานเอทีพี และครีเอตินฟอสเฟสจะหมดลงในเวลา 6-8 วินาที เพราะฉะนั้นระบบพลังงานเอทีพี และซีพี จะเพียงพอกับกิจกรรมที่ใช้ความหนักสูง ในเวลาที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 วินาที แต่ถ้ามีการออกกำลังกายที่ต่อเนื่องนานขึ้น กล้ามเนื้อใช้ระบบพลังงานแอนแอโรบิค ไกลโคลัยซิส (Anaerobic glycolysis) เป็นหลักต่อไป นอกจากนี้ (Bompa, 1999) กล่าวว่านอกจากนี้จะพบว่าการพักระหว่างเซ็ต 3-5 นาที หรือนานกว่านี้จะทำให้มีการสร้างกลับคืนมาของเอทีพี และซีพี ได้เกือบสมบูรณ์

ระบบพลังงานแอนแอโรบิค ไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis)

(Ingham, 2006) กล่าวว่าระบบพลังงานแอนแอโรบิค ไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) ใช้สำหรับการฝึกที่มีความหนักสูง (High-intensity) ด้วยระยะเวลา 10 วินาที – 4 นาที กระบวนการนี้สามารถผลิต ATP ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีความสำคัญต่อกล้ามเนื้ออย่างมากในกรณีที่ออกซิเจนที่ขนส่งไปสู่เส้นใยกล้ามเนื้อมีไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้ให้ ATP น้อยมาก เพียงสองโมเลกุลต่อหนึ่งกลูโคส หรือสามโมเลกุลต่อไกลโคเจน ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการนี้คือไพรูเวต (Pyruvate) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแลกเตต (Lactate)ในที่สุด

แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ

คอนลีย์ และโรเซเนค (Conley and Rozenek, 2001) ได้สรุปว่า ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยให้แรงต้าน (Resistance training) จะสังเกตได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก และกล้ามเนื้อที่ทำงานเป็นต้น แต่เนื่องจากการฝึกด้วยการใช้แรงต้านเป็นการฝึกลักษณะไม่ต่อเนื่องมีการพักเป็นระยะๆ อัตราการเต้นของหัวใจ โดยเฉลี่ยที่วัดได้ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยใช้แรงต้าน จึงไม่

สามารถแสดงความหนักในการทำงานของระบบหัวใจ และหลอดเลือดได้อย่างแม่นยำ หรืออีกนัยหนึ่งไม่สามารถที่จะประมาณค่าความหนักของกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าการพัฒนาความสามารถที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้านนั้น อาศัยหลักการที่เฉพาะเจาะจง (Principle of specificity of training) โดยที่การพัฒนาความสามารถที่เกิดขึ้นอย่างมากนั้นสังเกตได้จากการที่ผู้รับการฝึกแต่ละคนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการฝึกที่นำมาใช้รูปแบบของการเคลื่อนที่ ลักษณะของการทำงานของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อและมุมของข้อต่อ

แมคอาร์เดิล แคทซ์ และแคทซ์ (McArdle Kacth and Katch, 1996) กล่าวว่า แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น ได้เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1972 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย ซึ่งนำมาเป็นหลักในการจัดโปรแกรมการฝึกให้กับนักกีฬาที่เพิ่งจะเริ่มเริ่มเล่นรวมทั้งนักกีฬาชั้นนำด้วย แนวคิดนี้ได้มีการแบ่งระยะเวลาของการฝึกเป็นสามระยะ คือ แมคโครไซเคิล (Macrocycle) เมโซไซเคิล (Mesocycle) และไมโครไซเคิล (Microcycle) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาของการฝึกที่แบ่งเป็นปี เดือน และสัปดาห์ ตามวัตถุประสงค์ของการแบ่งระยะเวลาของการฝึกออกเป็นส่วนๆ ก็คือ ให้มีการควบคุมเกี่ยวกับความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก ความถี่ของการฝึก จำนวนชุด จำนวนครั้งและเวลาพัก เพื่อป้องกันปัญหาการซ้อมเกิน (overtraining) ตลอดจนความเบื่อหน่ายที่เกิดขึ้นจากการฝึก นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการฝึกให้มีความหลากหลาย และทำให้เกิดความสามารถสูงสุดของนักกีฬาในขณะแข่งขันอีกด้วย

บอมพา (Bompa, 1993) ได้เสนอแนะการวางแผนระยะยาวของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อ โดยแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

1. ระยะการปรับตัวทางกายวิภาค (Anatomical adaptation phase) ใช้เวลา 8-10 สัปดาห์ สำหรับนักกีฬาที่เพิ่งเริ่มเล่น และ 3-5 สัปดาห์ สำหรับนักกีฬาที่มีประสบการณ์มาแล้ว โดยใช้รูปแบบการฝึกแบบของการฝึกเป็นวงจร (Circuit training)

	นักกีฬาที่เพิ่มเริ่มเล่น		นักกีฬาที่มีประสบการณ์	
ความหนัก	30-40% ของหนึ่งอาร์เอ็ม		40-60% ของหนึ่งอาร์เอ็ม	
จำนวนท่าฝึก	9-12(15)	ท่า	6-9	ท่า
จำนวนรอบของการฝึก	12-3	รอบ	3-5	รอบ

ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	20-25	นาที	30-40	นาที
เวลาพักระหว่างท่าฝึก	90	วินาที	60	วินาที
เวลาพักระหว่างรอบ	2-3	นาที	1-2	นาที
ความถี่ของการฝึก	2-3	ครั้ง/สัปดาห์	3-4	ครั้ง/สัปดาห์

2. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ใช้เวลา 4-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-80%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	6-9	ท่า
จำนวนครั้ง	6-12	ครั้ง
จำนวนชุด	4-8 (8)	ชุด
เวลาพัก	3-5	นาที
จังหวะการยก	ช้าถึงปานกลาง	
ความถี่	2-4	ครั้งต่อสัปดาห์

สำหรับนักกีฬาประเภทที่ไม่ต้องการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้แก่ กีฬาที่มีการแบ่งรุ่นโดยน้ำหนักตัว ก็ไม่ต้องฝึกระยะที่2 นี้

3. ระยะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximum strength phase) ใช้เวลา 9 สัปดาห์

ความหนัก	80-100%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	3-5	ท่า
จำนวนครั้ง	1-4	ครั้ง
จำนวนชุด	6-10 (12)	ชุด
เวลาพัก	3-6	นาที
จังหวะการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3 (4)	ครั้งต่อสัปดาห์

4. ระยะเปลี่ยน (Conversion phase) หลังจากที่ได้พัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแล้ว ก็เป็นการเปลี่ยนความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อไปเป็นพลังกล้ามเนื้อในลักษณะต่างๆ ที่ต้องการใช้ในการแข็งขันกีฬาแต่ละชนิด ดังนี้

4.1 พลังกล้ามเนื้อ (Power) ใช้เวลา 4-5 สัปดาห์

ความหนัก

กีฬาที่ใช้ความพยายามซ้ำๆกัน	30-50%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
กีฬาที่ใช้ความพยายามครั้งเดียว	50-80%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	2-4 (5)	ท่า
จำนวนครั้ง	4-10	ครั้ง
จำนวนชุด	3-6	ชุด
เวลาพัก	2-6	นาที
จังหวะการยก	เร็ว	
ความถี่	2-3	ครั้งต่อสัปดาห์

4.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Power endurance) ใช้เวลา 4-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-85	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนท่าฝึก	2-3	ท่า
จำนวนครั้ง	15-30	ครั้ง
จำนวนชุด	2-4	ชุด
เวลาพัก	8-10	นาที
จังหวะการยก	เร็วมาก	
ความถี่	2-3	ครั้งต่อสัปดาห์

5. ระยะคงสภาพกล้ามเนื้อ (Maintenance phase) การฝึกกล้ามเนื้อในระยะนี้เป็นการฝึกในระยะแข่งขัน (Competitive phase) ซึ่งจำเป็นต้องมีการฝึกเพื่อคงสภาพกล้ามเนื้อไว้ไม่ให้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อลดลง โดยการฝึกกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Prime movers) ความถี่ของการฝึก 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักกีฬาและใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งน้อย

6. ระยะการหยุดฝึก (Cessation phase) โดยการหยุดฝึกด้วยน้ำหนัก ก่อนการแข่งขันที่สำคัญ 5-7 วัน เพื่อใช้พลังงานทั้งหมดไปในการแข่งขัน

เพียร์สัน (Pearson, 1999) ได้เสนอแนะให้แบ่งระยะของการฝึกด้วยน้ำหนัก ในระยะ 12 สัปดาห์ ดังนี้

1. ระยะเตรียมทั่วไป (General preparatory phase) ใช้เวลา 2 สัปดาห์

ความหนัก	12	อาร์เอ็ม

จำนวนชุด	3	ชุด
เวลาพัก	60-120	วินาที

2. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ใช้เวลา 4 สัปดาห์

ความหนัก	8-10	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	3	ชุด
เวลาพัก	45-90	วินาที

3. ระยะพัฒนาความแข็งแรง (Strength phase) ใช้เวลา 4 สัปดาห์

ความหนัก	6-8	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	3-4	ชุด
เวลาพัก	1-2	นาที

4. ระยะความแข็งแรงและพลังสูงสุด (Peak phase) ใช้เวลา 2 สัปดาห์

ความหนัก	3-6	อาร์เอ็ม
จำนวนชุด	2-3	ชุด
เวลาพัก	1-2	นาที

โอ'เช (O'shea, 2000) ได้เสนอแนะวงจร (Cycle) ของการฝึกด้วยน้ำหนัก ไว้ดังนี้

1. วงจรปรับสภาพทั่วไป (Conditioning cycle) ใช้เวลา 3-5 สัปดาห์ แต่ถ้าหยุดการฝึกซ้อมเกินกว่า 2 เดือน ให้เพิ่มเป็น 6-8 สัปดาห์

ความหนัก	60-70%	ของ 10 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	10	ครั้ง
จำนวนชุด	3-4	ชุด

2. วงจรความแข็งแรงพื้นฐาน (Base strength cycle) ใช้เวลา 3-6 สัปดาห์

ความหนัก	70-80%	ของ 5 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	5	ครั้ง
จำนวนชุด	3-4	ชุด

3. วงจรความแข็งแรงและพลัง (Strength & power cycle) ใช้เวลา 3-4 สัปดาห์

ความหนัก	80-90%	ของ 5 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	2-3	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

4. วงจรพลังสูงสุด (Peak power cycle) ใช้เวลา 2-3 สัปดาห์

ความหนัก	ตั้งแต่ 90% ขึ้นไป ของ 5 อาร์เอ็ม	
จำนวนครั้ง	1-2	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

5. วงจรแข่งขันหรือคงสภาพ (Competitive or maintenance cycle) ใช้เวลา 12 สัปดาห์

ความหนัก	70-90%	ของ 10 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	2-7	ครั้ง
จำนวนชุด	2-3	ชุด

6. วงจรโดยมีกิจกรรม (Active rest cycle) ใช้เวลา 2-8 สัปดาห์

ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้น จำเป็นต้องมีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วออกมาให้มากที่สุด ดังนั้นต้องใช้ความหนักตั้งแต่ 90% ขึ้นไปของหนึ่งอาร์เอ็ม ซึ่งในขณะที่ยกนั้นต้องคิดถึงความแข็งแรงและความเร็ว เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากที่สุด และการฝึกในวงจรพลังสูงสุดนั้น ไม่ควรเกินกว่า 3 สัปดาห์

เพียร์สัน (Pearson, 1999) ได้สรุปความคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกระยะยาวว่า ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น สามารถกำหนดวงจรของการฝึก ได้มากกว่าหนึ่งวงจรต่อปี โดยทั่วไปจะใช้สามวงจรต่อปี ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับความหลากหลายของการฝึกจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางโปรแกรมการฝึกตลอดปี ซึ่งต้องอาศัยความสอดคล้องกันระหว่างความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก เวลาพัก และกิจกรรมการฝึกหรือท่าฝึก

จากการที่มีผู้ศึกษาพบว่า การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 3-4 สัปดาห์แรกของการฝึกนั้นเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาท (Neurological adaptations) เป็นสำคัญส่วนการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น จะสังเกตได้ชัดหลังจากการฝึก 8-12 สัปดาห์

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนักกับการฝึกด้วยแรงต้านจากแรงอัดอากาศ

องค์ประกอบ	การฝึกด้วยแรงต้านด้วยน้ำหนัก	การฝึกด้วยแรงต้านจากแรงอัดอากาศ

ความเร่งในการยก	เกิดความเร่งได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านจากแรงอัดอากาศ เมื่อใช้น้ำหนักในการยกเท่ากัน	เกิดความเร่งได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้นด้วยน้ำหนัก เมื่อใช้น้ำหนักในการยกเท่ากัน
แรงที่ใช้ในการยก	แรงที่ใช้ยกในระหว่างช่วงการเคลื่อนไหวไม่สม่ำเสมอ	แรงที่ใช้ยกเกิดขึ้นสม่ำเสมอตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

งานวิจัยในประเทศ

วิชุดา คงสุทธ์ (2545) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยเมดิซินบอลและหนังยางที่มีผลต่อพลังกล้ามเนื้อส่วนบนและความเร็วในการว่ายน้ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายระดับชั้นปีที่ 1-4 ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 45 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ทดสอบความเร็วในการว่ายน้ำท่าวัดวาโดยใช้แขนอย่างเดียวระยะทาง 25 เมตร แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน มีกลุ่มควบคุมฝึกว่ายน้ำอย่างเดียว กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยเมดิซินบอลและว่ายน้ำ และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยหนังยางและว่ายน้ำ ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ทำการทดสอบ พลังกล้ามเนื้อส่วนบนและความเร็วในการว่ายน้ำโดยใช้แขนอย่างเดียวระยะทาง 25 เมตร ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า

1. ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทีระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความเร็วในการว่ายน้ำโดยใช้แขนอย่างเดียว ระยะทาง 25 เมตร มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ภายหลังการฝึก 4, 6, และ 8 สัปดาห์ พลังกล้ามเนื้อส่วนบนและความเร็วในการว่ายน้ำโดยใช้แขนอย่างเดียวระยะทาง 25 เมตร ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน

นิธิพงศ์ กิมาวหา (2548) ได้ทำวิจัยผลของการฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านทานที่มีต่อการพัฒนาพลังระเบิดกล้ามเนื้อขา วิธีการทดลองใช้นิสิตชายสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา อาสาสมัครจำนวน 40 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 1

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 2

กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 3

กลุ่มทดลองที่ 4 ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านทั้ง 3 ระดับ

ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำและทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีการของตูกี เอ Tukey (a) หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่า

1. กลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 1 กลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 2 กลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านทั้ง 3 ระดับ มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 3 มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 1 กลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านระดับที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้านทั้ง 3 ระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธิติ ญาณปรีชาเศรษฐ (2550) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านต่อองค์ประกอบของร่างกายในเพศหญิง ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยกลุ่มตัวอย่าง อายุระหว่าง 30-40 ปี จำนวน 40 คนที่มีค่าดัชนีมวลกายระหว่าง 23-24.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20คน

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ

กลุ่มที่ 2 เป็นทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในกลุ่มเดียวกัน จำนวน 20 คน โดยในช่วงแรกได้ให้อาสาสมัครในกลุ่มทดลองดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

หลังจากนั้นอาสาสมัครในกลุ่มทดลองได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ระดับความหนัก 8-12 อาร์เอ็ม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการฝึกแบบใช้แรงต้าน 10 ท่าฝึก โดยฝึกอย่างต่อเนื่องระหว่าง 8-12 ครั้ง ในแต่ละท่าฝึก ไม่มีการหยุดพักระหว่างท่า แต่เปลี่ยนไปฝึกกล้ามเนื้ออีกกลุ่มแทน จนครบ 3 รอบ พัก 30-60 วินาที ระหว่างรอบ ซึ่งกลุ่มทดลองได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้าน เป็นระยะเวลา 3 ครั้งต่อสัปดาห์ วันเว้นวัน

ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองได้รับการวิเคราะห์ความต้านทานการนำกระแสไฟฟ้าของร่างกาย เพื่อตรวจหาองค์ประกอบของร่างกาย และวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังก่อนการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า

1. ก่อนและหลังการทดลองตลอด 14 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มควบคุมพบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของร่างกาย ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก และความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังบริเวณต้นขาเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนอัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่ใช่ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้ท้องแขน และบริเวณเอวของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ก่อนและหลังการทดลองตลอด 14 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่ใช่ไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนน้ำหนักของร่างกาย ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมัน ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้ท้องแขน บริเวณเอว และบริเวณต้นขา ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้าน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ก่อนและหลังการทดลองตลอด 14 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่ใช่ไขมัน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักไขมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่น้ำหนักของร่างกาย ดัชนีมวลกาย ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้ท้องแขน บริเวณเอว และบริเวณต้นขาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาธิก ธนะทักษ์ (2550) ได้ศึกษาผลของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจรที่มีต่อสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพของนักศึกษาชายระดับปริญญาบัณฑิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นิสิตชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยระดับปริญญาตรีที่ลงเรียนในรายวิชากิจกรรม

กีฬา-หลักการสร้างสมรรถภาพทางกาย อายุ 18-22 ปี จำนวน 60 คน โดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน โดยจัดกลุ่มให้มีสมรรถภาพใกล้เคียงกัน กลุ่มแรกคือ กลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายตามปกติและกลุ่มที่สองคือ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจร โดยกลุ่มที่สองฝึกวันละ 45 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ทั้งสองกลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจรมีการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ในเรื่องเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ความอ่อนตัว ความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แรงเหยียดแขน แรงเหยียดขา ความอดทนของกล้ามเนื้อ วิดพื้น และงอตัว มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจรมีการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ในเรื่อง เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ความอ่อนตัว ความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แรงเหยียดแขน แรงเหยียดขา ความอดทนของกล้ามเนื้อ วิดพื้น และงอตัว มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจรมีการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้าหนัก ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน โดยเลือกแบบเจาะจง และได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเป็นเวลา 3 สัปดาห์จากนั้นสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลากให้เท่ากัน แบ่งกลุ่มทดลอง2 กลุ่ม

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังระเบิดของ

กล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า

1. กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด็พจัมธ์ มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก มีพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มทดลองที่1 ฝึกเด็พจัมพ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยในต่างประเทศ

แลนเดอร์ และคณะ (Lander et al, 1985) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการยกในท่าเบนช์เพรสและท่าสควอทกล่าวว่ารูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้นจากอกในท่าฝึกเบนช์เพรสด้วยความหนัก 90% ของความแข็งแรงสูงสุดจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ซึ่งช่วงแรกจะเรียกว่าช่วงความเร่ง (The acceleration phase) ซึ่งช่วงนี้จะใช้เวลาทั้งหมด 16% แรกของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค และพบว่าจะมีการเกิดแรงสูงสุดในช่วงนี้ที่เวลา 5% แรกของเวลาทั้งหมด ช่วงที่ 2 ที่จะตามมาคือ ช่วงที่แรงที่ใช้ในการออกแรงยกจะน้อยกว่าแรงต้านของบาร์เบลล์ และใช้เวลาต่อจากช่วงแรกคือ 16% จนถึง 42% ของเวลาทั้งหมดในช่วงคอนเซ็นตริค ช่วงนี้จะถูกเรียกว่าช่วงสติคกิ้ง (Sticking region) เนื่องจากแรงที่ใช้ในการยกน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์จึงทำให้สูญเสียความเร็วในการดันขึ้น และช่วงต่อมาคือจะใช้เวลาตั้งแต่ 42% จนถึง 82% ของเวลาทั้งหมด โดยจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะมากกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ และเรียกช่วงที่ 3 นี้ว่า ช่วงของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength region) ต่อมาคือช่วงสุดท้ายที่จะใช้เวลา 18% สุดท้ายของเวลาทั้งหมด โดยเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงความหน่วง (The deceleration phase) ซึ่งจะพบว่าในช่วงนี้จะเป็นอีกครั้งหนึ่งที่แรงที่ใช้ในการยกจะน้อยกว่าน้ำหนักของบาร์เบลล์ ซึ่งมีลักษณะเดียวกับรูปแบบของแรงในแนวดิ่งขณะยกบาร์เบลล์ขึ้น ในท่าฝึกสควอทด้วยความหนัก 30% ของความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งเกิดจากแรงที่มากในตอนแรกที่ยกเนื่องจากมีโมเมนตัม (Momentum) เกิดขึ้น และการออกแรงตลอดมุมการเคลื่อนไหวที่เหลือจะ

เกิดขึ้นน้อย โดยจะเกิดมีช่วงของการหน่วง (Deceleration) ในช่วงท้ายของการยกเพื่อหยุดน้ำหนักไว้

จอซซี่ และคณะ (Jozsi et al, 1999) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังกล้ามเนื้อด้วยการฝึกแรงต้านในเพศชายและหญิงในกลุ่มผู้สูงอายุและวัยหนุ่มสาว กลุ่มตัวอย่างในการฝึกแบบพัฒนาแรงต้านของพลังกล้ามเนื้อคือ ชาย หญิงอายุระหว่าง 56-65 ปี จำนวน 17 คน และชายหญิงอายุระหว่าง 21-30 ปี จำนวน 15 คน ทำการทดลองทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 80% ของ 1 RM มีการประเมิน 1 อาร์เอ็ม ด้วยเครื่องแรงต้านจากแรงอัดอากาศไกเซอร์ (Keiser) ผู้ทดสอบทำการฝึก 3 เซตๆ ละ 5 ครั้ง สัปดาห์ละ 2 วัน การวัดพลังกล้ามเนื้อ ใช้แรงต้านที่ระดับ 40, 60, และ 80 ของ 1 อาร์เอ็ม โดยใช้ท่าฝึกเหยียดเข่า (Knee extension) และดึงแขนลง (Arm pull) ผลการทดลองพบว่าผู้ทดสอบทุกคนมีพลังกล้ามเนื้อในการดึงแขนลงเท่ากันที่ระดับความหนัก 40 และ 60% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยไม่ขึ้นกับอายุหรือเพศ และไม่มีความแตกต่างที่ระดับความหนัก 80% ของ 1 อาร์เอ็ม ผู้สูงอายุและวัยหนุ่มสาวมีพลังกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าที่ใกล้เคียงกันที่ความหนัก 40 และ 60% ของ 1 อาร์เอ็ม แต่เพศชายมีพลังกล้ามเนื้อที่ดีกว่าในระดับความหนักดังกล่าว พลังกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าเพิ่มขึ้นที่ระดับความหนัก 80% ของ 1 อาร์เอ็ม ทั้งสองกลุ่ม กลุ่มผู้สูงอายุและวัยหนุ่มสาวมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใกล้เคียงกันซึ่งไม่เกี่ยวกับอายุ แต่เพศชายมีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง

โรเจอร์และคณะ (Roger et al., 2002) ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกแรงต้านที่ระดับความเร็วสูงเพื่อเพิ่มพลังกล้ามเนื้อในหญิงสูงอายุ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงสูงอายุจำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ฝึกแรงต้านที่ระดับความเร็วสูง

กลุ่มที่ 2 ฝึกแรงต้านที่ระดับความเร็วต่ำ

โดยทั้งสองกลุ่มฝึกในท่ายันเท้าและท่างอเข่า ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่ 1 การฝึกด้วยแรงต้านที่ระดับความเร็วสูงจะมีพลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่ดีกว่า

ปีเตอร์สัน และคณะ (Peterson et al, 2004) ได้ทำการวิจัยอภิมาน (meta-analysis research) พบว่าการใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม (repetition maximum) ฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ และฝึกจำนวน 8 เซตต่อ กลุ่มกล้ามเนื้อ จะสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อได้ดีที่สุด

เบเกอร์ และคณะ (Baker et al, 2006) ได้ศึกษาโดยสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักรักบี้ลีกอาชีพ 12 คน ที่ผ่านการฝึกความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้ออย่างหนัก โดยมีการพิจารณาช่วงของระยะเวลาเป็นเวลา 4 ปี โดยที่รายงานผลข้อมูลทุกๆ 2 ปี (1998, 2000, และ 2002) ความแข็งแรงของร่างกายส่วนบนพิจารณาจากการดันน้ำหนักขึ้นให้ได้มากที่สุดในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ของ 1 อาร์เอ็ม ส่วนพลังกล้ามเนื้อนั้นพิจารณาขณะการเคลื่อนไหวท่าเดียวกัน ด้วยแรงต้านของบาร์เบลล์ระหว่าง 40-80 กิโลกรัม

ในกลุ่มตัวอย่างนั้นได้แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เป็นนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการเล่นมานาน 6 คน และกลุ่มที่2 กลุ่มที่พึ่งเป็นนักกีฬา 6 คน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่พึ่งเป็นนักกีฬา มีอายุ ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อน้อยกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์ในการเล่นมานานมากกว่า แต่ส่วนสูงและมวลกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันในปี 1998 แต่เวลาผ่านไป 4 ปี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่เพิ่มมากขึ้นในกลุ่มที่พึ่งเป็นนักกีฬา โดยมีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์

วอลเลส และคณะ (Wallace et al, 2006) ได้ทำการทดสอบท่าแบ็คสควอท (Back squat) บนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force platform) ที่ความหนัก 60 % และ 85% ของความแข็งแรงสูงสุด เพื่อต้องการทดสอบแรงสูงสุด (Peak force, PF) พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak power, PP) และอัตราของการพัฒนาแรงสูงสุด (Peak rate of force development, RFD) จากกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มดังนี้

1. ไม่ใช้ยางยืดผสม (no band, NB) เพราะฉะนั้นแรงต้านทั้งหมดจะมาจากบาร์เบลล์

2. ใช้แรงต้านจากยางยืดน้อย (B1) โดยให้เป็นแรงจากบาร์เบลล์ประมาณ 80% และเป็นแรงจากยางยืดประมาณ 20%

3. ใช้แรงจากยางยืดเพิ่มขึ้น (B2) โดยให้เป็นแรงจากบาร์เบลล์ประมาณ 65% และเป็นแรงจากยางยืดประมาณ 35%

ผลการทดลองพบว่าในการใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม ในการทดสอบ พบว่ารูปแบบที่ 3 มีแรงสูงสุด (peak force) มากกว่า แบบที่ 1 ถึง 16% และแบบที่ 3 มีแรงสูงสุดมากกว่าแบบที่ 2 (5%) นอกจากนี้พบว่าแบบที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อสูงสุด มากกว่าแบบที่ 1 (24%) และแบบที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อสูงสุดมากกว่าแบบที่ 3 อย่างไม่มีนัยสำคัญ (13%) สรุปผลการ

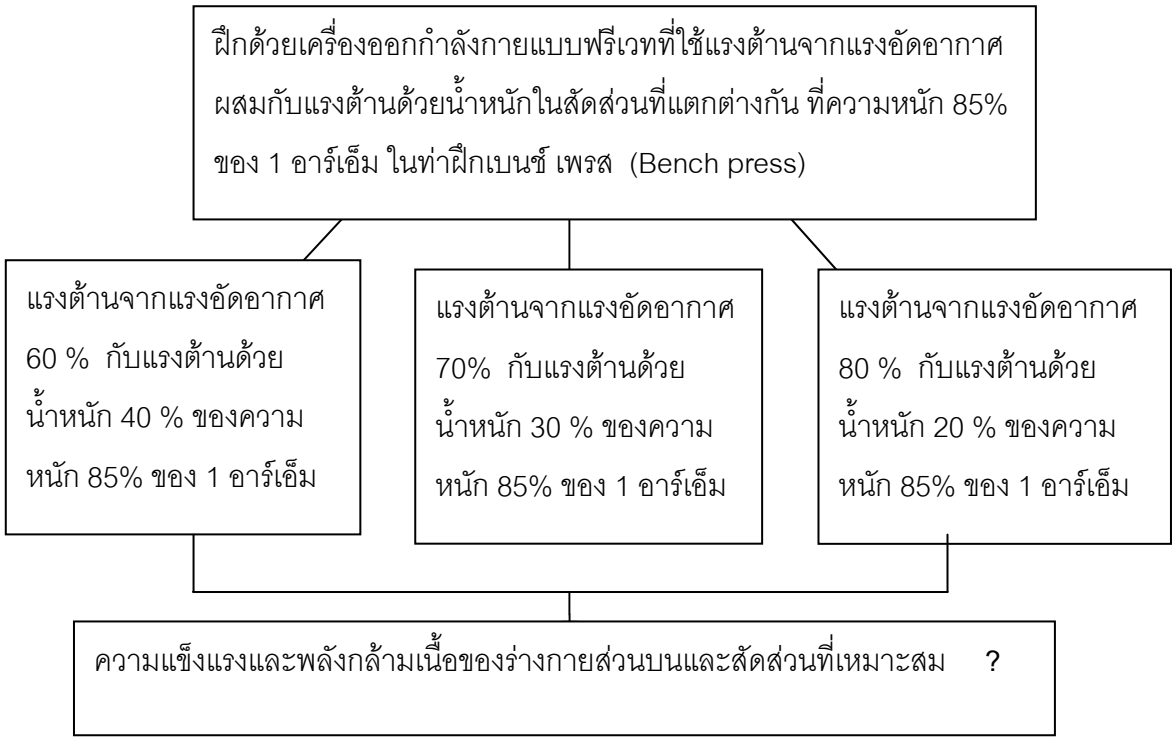
ทดลองได้ว่าการใช้ยางยืดผสมสามารถช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นทั้งแรงสูงสุด และพลังกล้ามเนื้อสูงสุดได้มากกว่าการใช้อุปกรณ์แรงต้านอิสระ (free weight) อย่างเดียว และการใช้แรงต้านจากยางยืดน้อยใน รูปแบบที่2เหมาะสมที่สุดที่จะฝึกกับนักกีฬาเนื่องจากมีการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุดมากที่สุด

ฟรอท และคณะ (Frost et al., 2008) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบผลของคิเนมาติค คิเนติค และการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนัก กลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 30 คน ทำการทดสอบ 3 อย่างคือ Free weight, Ballistic, Pneumatic แต่ละการทดสอบประกอบด้วย การประเมินความหนักที่ 1 อาร์เอ็ม และการทดสอบที่ความหนัก 15,30,45,60,75 และ 90 % ของ1 อาร์เอ็ม ทั้งหมด 6 เซต เซตละ 4 ครั้ง ในท่าเบนช์ เพรส (bench press) ผลที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วและความเร็วสูงสุดของแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศสูงกว่าในการเคลื่อนไหวของ Free weight และ Ballistic แรงที่สูงสุดของ Free weight และ Ballistic แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ Pneumatic ผลของพลังเฉลี่ยของ Ballistic สูงกว่า Free weight และ Pneumatic ที่ความหนัก 15 และ 30% ของ 1 อาร์เอ็ม แต่อย่างไรก็ตามที่ความหนักระหว่าง 60 – 90 % ของ 1 อาร์เอ็ม พลังเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่แรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ จึงอาจกล่าวสรุปได้ว่าการใช้แรงต้านด้วยแรงอัดอากาศมีผลดีต่อการใช้ในความหนักที่มาก

วอส และคณะ (Vos et al., 2005) ได้ทำการทดลองการใช้น้ำหนักที่เหมาะในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อระหว่างการฝึกแรงต้านแบบพลังระเบิด โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี จำนวน 112 คน มีอายุเฉลี่ย 69 ± 6 ปี ถูกสุ่มไปตามกลุ่มทั้งหมด 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกแรงต้านที่ระดับ 20% ของ 1 RM, 50% ของ 1 RM, 80% ของ 1 RM และกลุ่มควบคุม ทำการฝึก 8-12 สัปดาห์ โดยฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการฝึก 5 ท่าด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Keiser) 3 เซท เซตละ 8 ครั้งด้วยความเร็ว ผลการทดลองพบว่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดเฉลี่ยทั้งสามกลุ่มแตกต่างกับกลุ่มควบคุม โดยความแตกต่างนี้สัมพันธ์กับความหนักในการฝึกซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงเฉลี่ยและความแข็งแรงแบบอดทน พบว่าใช้ความหนักที่ 80% ของ 1 RM มีค่าดีกว่าการใช้ความหนักอื่นๆ สรุปได้ว่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดอาจจะส่งผลได้ดีขึ้นโดยใช้น้ำหนัก เบา ปานกลาง หนัก ได้เหมือนกัน แต่มีการตอบสนองซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความหนัก ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ดังนั้นการใช้น้ำหนักมากในการฝึกแรงต้านด้วยแรงระเบิดอาจจะส่งผลดีที่สุดต่อการพัฒนาในด้านความแข็งแรง พลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. ขั้นตอน และการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-20 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บรุนแรงบริเวณหลัง หน้าอก ก่อนเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือนและผ่านการประเมินแบบสอบถามก่อนเข้าร่วมวิจัย การแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) ค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ .40 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ .70 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 17 คน รวมทั้งหมด 51 คน และเนื่องจากงานวิจัยมีระยะเวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out) ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 60 คนและได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Sample random sampling) เพื่อแบ่งเป็นกลุ่มการฝึกดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% จำนวน 20 คน

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% จำนวน 20 คน

กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% จำนวน 20 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็น นิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่มีอายุระหว่าง 18-20 ปี
2. มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคในการออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก เช่น มีอาการบาดเจ็บรุนแรงบริเวณหลัง หน้าอก ก่อนเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน
3. ต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามคัดเลือก ไม่มีโรคประจำตัว ไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณหน้าอกก่อนเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 3 เดือน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างขาดการฝึกตามโปรแกรมติดต่อกันนานกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะทำการทดลอง
2. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากการฝึกและมีอาการเจ็บป่วยในช่วงของการทดลองทำให้เข้าร่วมวิจัยต่อไม่ได้ เป็นต้น

ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ แล้วรวบรวมแนวคิดที่ได้มาสร้างโปรแกรมการฝึก เพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ
2. นำโปรแกรมการฝึกที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความเรียบร้อย
3. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวันเวลาในการเก็บข้อมูล
4. จัดเตรียมสถานที่ในการฝึกซ้อม อุปกรณ์ในการฝึกและใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

5. ชี้แจงขั้นตอนการฝึก และการทดสอบอย่างละเอียด

6. นำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 60 คน มาทดสอบก่อนการทดลอง ดังนี้

6.1 หาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (1RM Test) โดยทำการทดสอบทางตรง ด้วยการหาน้ำหนักที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยกได้ 1 ครั้ง ในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ซึ่งใช้น้ำหนักของ คานบาร์เบลล์เป็นพื้นฐานในการยกรวมกับแรงอัดอากาศ ดูขั้นตอนการหา 1 RM และการกำหนดน้ำหนักเพิ่มเติมที่ ภาคผนวก ฉ

7. ทำการแบ่งกลุ่มการทดลองโดยทำการสุ่มอย่างง่าย แบ่งเข้ากลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ทำการฝึกโดยแยกฝึกตามกลุ่มทดลอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

การทดสอบความแข็งแรงสูงสุด (1 RM Test) โดยใช้เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก (Keiser) ไกเซอร์ รุ่น A400 ก่อนการทดลองเพื่อใช้ในการหาแรงต้านด้วยน้ำหนัก และแรงต้านจากแรงอัดอากาศในการฝึก น้ำหนักที่ใช้ฝึกนั้นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับ น้ำหนักแต่ละคนที่ยกได้สูงสุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

7.1 กำหนดเปอร์เซ็นต์ ของค่าความแข็งแรงสูงสุดที่จะใช้ฝึกแล้วหาค่าออกมาเป็นน้ำหนักที่จะใช้ยก ความหนักที่ใช้ในการฝึกคือ 85% ของ 1 อาร์เอ็ม

7.2 จากน้ำหนักข้อ 7.1 ให้แบ่งน้ำหนักโดยคิดตามสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มทดลองออกมาเป็นน้ำหนักที่จะใช้ยก

7.3 กลุ่มทดลองแต่ละกลุ่ม ใช้สัดส่วนที่จะผสมกันดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 40%

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 30%

กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกด้วยความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% และแรงต้านด้วยน้ำหนัก 20%

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกโดยนอนหงายบนเบาะม้านั่ง ในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจับบาร์เบลล์ในลักษณะคว่ำมือ ความกว้างกว้างกว่าช่วงหัวไหล่เล็กน้อย จากนั้นดันบาร์เบลล์ขึ้นในแนวดิ่ง แนวแรงอยู่ในแนวหน้าอก ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มใช้เวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน คือวันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์ ในการฝึกแต่ละครั้งจะมีการประเมินสอบถามด้วยวาจาว่าการฝึกอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมหรือไม่ หนักหรือเบาเกินไป ถ้าหากมีการออกจากการวิจัยก่อนครบกำหนด 8 สัปดาห์ จะไม่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล ให้ฝึกท่าเบนช์ เพรส

(Bench press) โดยใช้แบบ Bompa (1996) and Peterson et al., (2004) ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก จ

หลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 4 แล้ว ทดสอบความแข็งแรงเพื่อคิดน้ำหนักในการฝึกสัปดาห์ที่เหลือถัดไปที่ 85% ของ 1 อาร์เอ็ม ที่คิดได้ใหม่ ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ฉ

8. ทำการทดสอบหาความแข็งแรง, พลังของกล้ามเนื้อส่วนบน โดยทดสอบในช่วงก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ประกอบด้วย

8.1 ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบน ด้วยท่าเบนช์ เพรส (Bench press) แข็งแรงสูงสุดที่ยกได้ (1RM Test) ทำการทดสอบโดยการให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยกน้ำหนักในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ซึ่งเอาน้ำหนักที่มากที่สุด ที่สามารถยกได้ใน 1 ครั้ง

8.2 ทดสอบพลังกล้ามเนื้อส่วนบนด้วยเครื่อง Ballistic measurement system ด้วยท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ทำในลักษณะดันน้ำหนักให้เร็ว 4 ครั้ง ที่ความหนัก 40% ของ 1 อาร์เอ็ม (Frost et al., 2008)

9. นำผลการทดสอบความแข็งแรง, พลังของกล้ามเนื้อ มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

10. สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยควบคุมการทดลอง และเก็บข้อมูลด้วยตนเองตลอดการทดลอง

2. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้สถานที่ อุปกรณ์การฝึก และอุปกรณ์ทดสอบของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก ยี่ห้อ ไกเซอร์ รุ่น A400 (Keiser power rack equipment) ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.2 โอลิมปิกบาร์เบลล์ (Olympic barbell)

1.3 เครื่อง Ballistic measurement system รุ่น FT700 ประเทศออสเตรเลีย

1.4 นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch)

1.5 แผ่นน้ำหนักขนาดต่างๆ (Weight stacks)

2. โปรแกรมการฝึก

ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึก พร้อมกันทั้ง 3 กลุ่ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันคือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

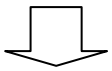
1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของน้ำหนักและอายุ

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว และพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มการทดลองย่อยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีแอลเอสดี (LSD)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 60 คน



ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) กลุ่มละ 20 คน

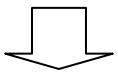
กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3
แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม

ทดสอบก่อนการทดลอง

ใช้โปรแกรมการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก เป็นเวลา 8 สัปดาห์

กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3
แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม

ทดสอบหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4



กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2	กลุ่มทดลองที่ 3
แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ในความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม

ทดสอบหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบทางสถิติ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 60 คน เหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 51 คน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างสูญหายจากการวิจัย (droup out) ไป 9 คน แล้วจึงนำผลวิเคราะห์เสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลองของทุกกลุ่มทดลองในการวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(One-way analysis of variance) ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และ กลุ่มทดลองที่ 3

ตอนที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และ กลุ่มทดลองที่ 3

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มทดลอง					
	กลุ่มทดลองที่ 1		กลุ่มทดลองที่ 2		กลุ่มทดลองที่ 3	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
น้ำหนัก (กก.)	70.67	9.04	65.81	10.03	69.32	8.06
อายุ (ปี)	19.52	0.79	19.17	0.88	19.70	0.58

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ย 70.67 กิโลกรัม 65.81 กิโลกรัม และ 69.32 กิโลกรัม ตามลำดับ มีอายุเฉลี่ย 19.52 ปี 19.17 ปี และ 19.70 ปี ตามลำดับ

ตอนที่ 2 **ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว** (One-way analysis of variance) **ระหว่างกลุ่มทดลองที่** 1 **กลุ่มทดลองที่** 2 **และกลุ่มทดลองที่** 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว	กลุ่มทดลองที่ 1 N=17		กลุ่มทดลองที่ 2 N=17		กลุ่มทดลองที่ 3 N=17			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	F	P
ก่อนการทดลอง	0.92	0.17	0.91	0.16	0.92	0.16	0.01	.99
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	1.02	0.16	1.02	0.17	0.99	0.16	0.19	.83
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	1.09	0.17	1.08	0.17	1.08	0.15	0.04	.96

$p \leq .05$

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.92 เท่าของน้ำหนักตัว กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 0.91 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 0.92 เท่าของน้ำหนักตัว หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 1.02 เท่าของน้ำหนักตัว กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 1.02 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 0.99 เท่าของน้ำหนักตัว และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 1.09 เท่าของน้ำหนักตัว กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 1.08 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 1.08 เท่าของน้ำหนักตัว

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ความแข็งแรง

ของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3

พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	กลุ่มทดลองที่ 1 N=17		กลุ่มทดลองที่ 2 N=17		กลุ่มทดลองที่ 3 N=17			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	F	P
ก่อนการทดลอง	10.64	1.92	10.57	1.73	10.60	1.59	0.01	.99
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	12.16	1.86	11.67	1.73	11.71	1.61	0.41	.67
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	12.26	1.75	11.99	1.58	12.34	2.06	0.17	.84

$p \leq .05$

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 10.64 วัตต์ต่อกิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 10.57 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 10.60 วัตต์ต่อกิโลกรัม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว กลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 12.16 วัตต์ต่อกิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 11.67 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 11.71 วัตต์ต่อกิโลกรัม และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว กลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 12.26 วัตต์ต่อกิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 11.99 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มทดลองที่ 3 เท่ากับ 12.34 วัตต์ต่อกิโลกรัม

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พบว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พลังกล้ามเนื้อ

ส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 3 **ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ** (One-way analysis of variance with repeated measure) **ในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของแอลเอสดี**

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว	0.919	0.172	1.021	0.164	1.093	0.174
พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	10.635	1.915	12.157	1.860	12.256	1.748

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 0.919 เท่าของน้ำหนักตัว 1.021 เท่าของน้ำหนักตัว และ 1.093 เท่าของน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 10.635 วัตต์ต่อกิโลกรัม 12.157 วัตต์ต่อกิโลกรัม และ 12.256 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	1.337	16	.084		
ภายในบุคคล	.309	34	.009		
ระหว่างการทดลอง	.260	2	.130	84.392	.000*
ที่เหลือ	.049	32	.002		
รวม	1.646	40	.041		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 6

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

ระยะเวลาการทดลอง		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	0.919	1.021	1.093
ก่อนการทดลอง	0.919	-	.102*	.174*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	1.021		-	.072*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	1.093			-

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	150.907	16	9.432		
ภายในบุคคล	40.076	34	1.179		
ระหว่างการทดลอง	28.060	2	14.030	37.363	.000*
ที่เหลือ	12.016	32	.376		
รวม	190.983	40	4.775		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 8

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1

ระยะเวลาการทดลอง		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	10.635	12.157	12.256
ก่อนการทดลอง	10.635	-	1.522*	1.621*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	12.157		-	.099
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	12.256			-

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว	0.912	0.158	1.016	0.173	1.079	0.169
พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	10.568	1.725	11.668	1.73	11.992	1.576

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 0.912 เท่าของน้ำหนักตัว 1.016 เท่าของน้ำหนักตัว และ 1.079 เท่าของน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 10.568 วัตต์ต่อกิโลกรัม 11.668 วัตต์ต่อกิโลกรัม และ 11.992 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	1.291	16	.081		
ภายในบุคคล	.285	34	.008		
ระหว่างการทดลอง	.242	2	.121	89.421	.000*
ที่เหลือ	.043	32	.001		
รวม	1.576	50	.032		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 11

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

ระยะเวลาการทดลอง		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	.912	1.016	1.079
ก่อนการทดลอง	.912	-	.104*	.167*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	1.016		-	.063*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	1.079			-

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 11 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	124.701	16	7.794		
ภายในบุคคล	29.471	34	.867		
ระหว่างการทดลอง	18.950	2	9.475	28.817	.000*
ที่เหลือ	10.521	32	.329		
รวม	154.172	50	3.083		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2

ระยะเวลาการทดลอง		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	10.568	11.668	11.992
ก่อนการทดลอง	10.568	-	1.101*	1.424*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	11.668		-	.324
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	11.992			-

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 13 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว	0.916	0.17	0.989	0.155	1.081	0.154
พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	10.605	1.59	11.715	1.61	12.342	2.055

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 0.916 เท่าของน้ำหนักตัว 0.989 เท่าของน้ำหนักตัว และ 1.081 เท่าของน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 10.605 วัตต์ต่อกิโลกรัม 11.715 วัตต์ต่อกิโลกรัม และ 12.342 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	1.157	16	.072		
ภายในบุคคล	.301	34	.009		
ระหว่างการทดลอง	.232	2	.116	53.696	.000*
ที่เหลือ	.069	32	.002		
รวม	1.458	50	.029		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 16

ตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3

ระยะเวลาการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
		.916	.989	1.081
ก่อนการทดลอง	.916	-	.073*	.165*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	.989		-	.092*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	1.081			-

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 16 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 3 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig.
ระหว่างบุคคล	128.731	16	8.046		
ภายในบุคคล	47.115	34	1.386		
ระหว่างการทดลอง	26.308	2	13.154	20.231	.000*
ที่เหลือ	20.807	32	.650		
รวม	175.846	50	3.517		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของแอลเอสดี ปรากฏดังตารางที่ 18

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3

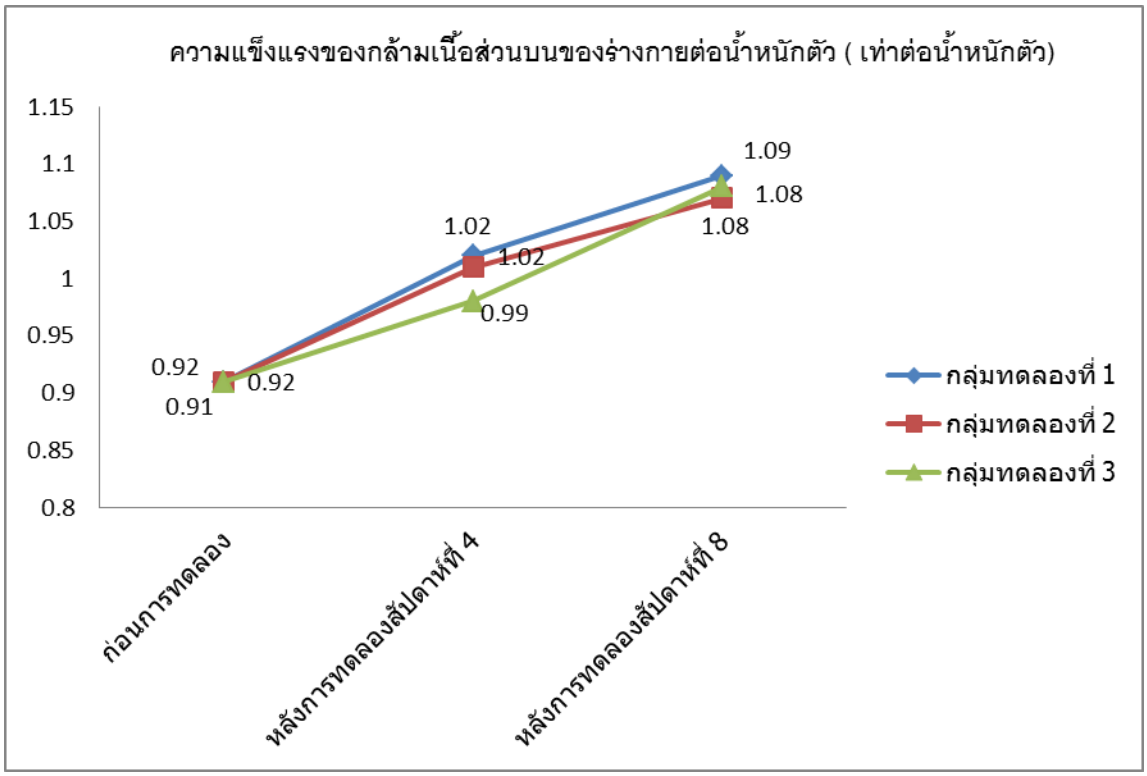
ระยะเวลาการทดลอง		ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	$\bar{x}$	10.605	11.715	12.342
ก่อนการทดลอง	10.605	-	1.110*	1.737*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	11.715		-	.627*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	12.342			-

* $p \leq .05$

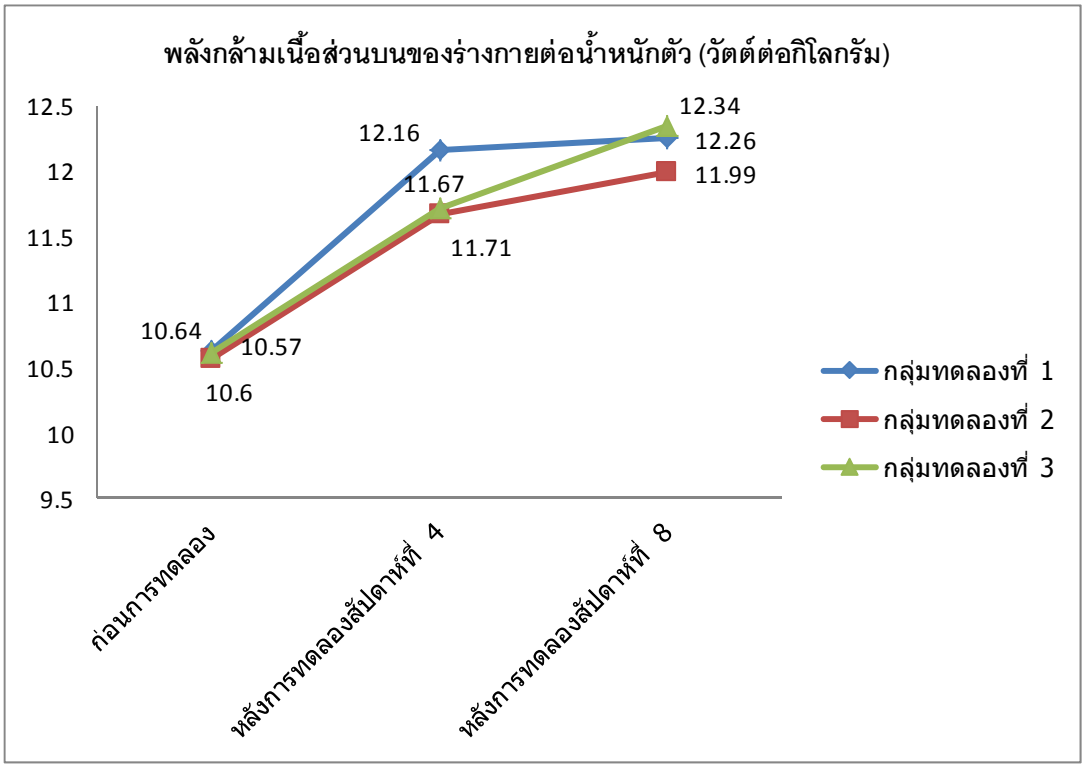
จากตารางที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 3 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว มากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตอนที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว และพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3

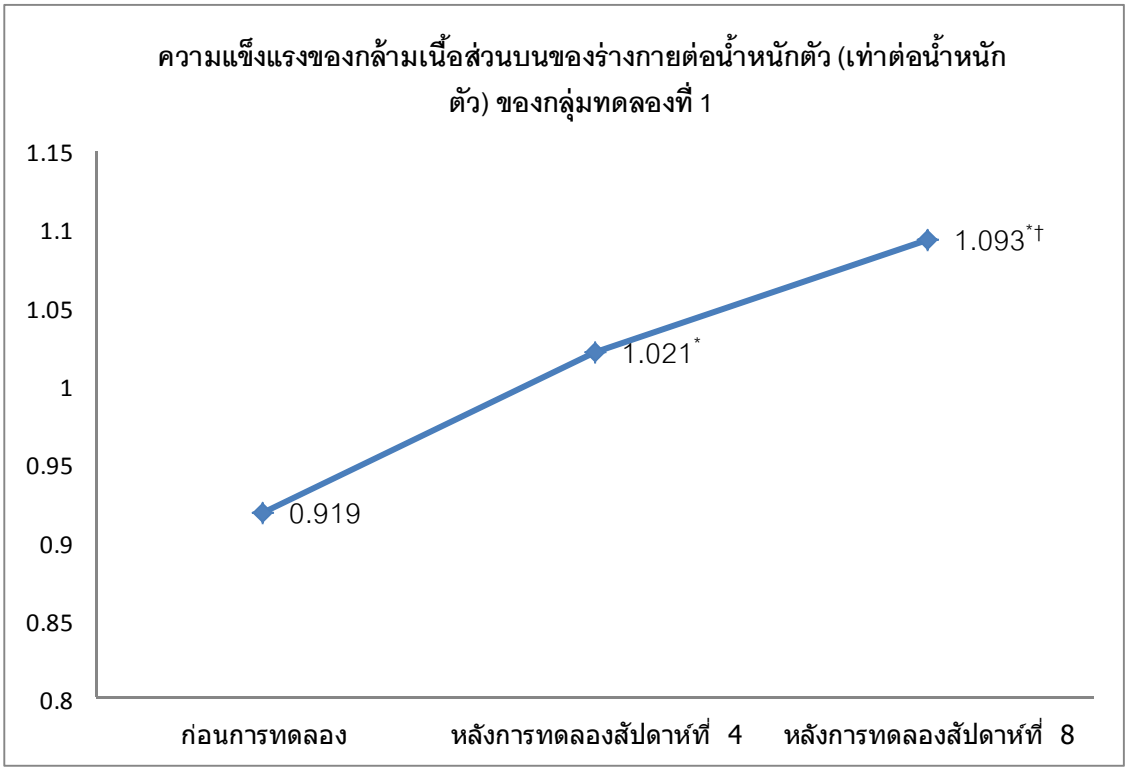
แผนภูมิที่ 1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3



แผนภูมิที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3



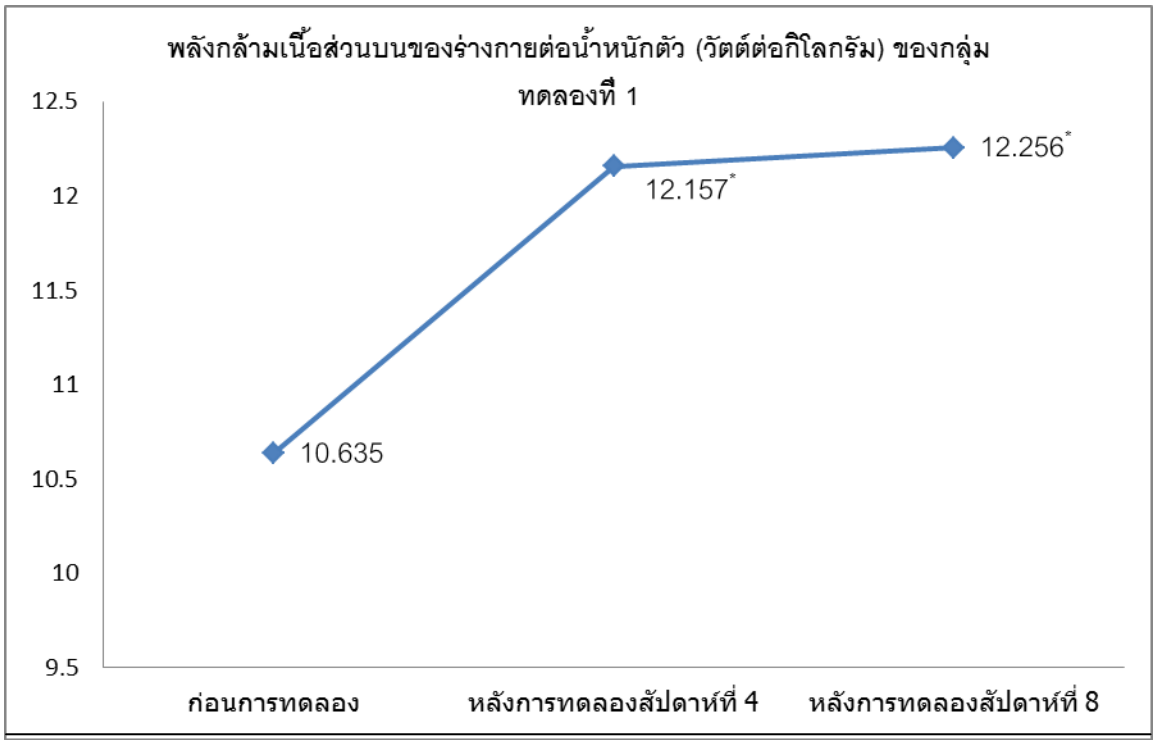
แผนภูมิที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

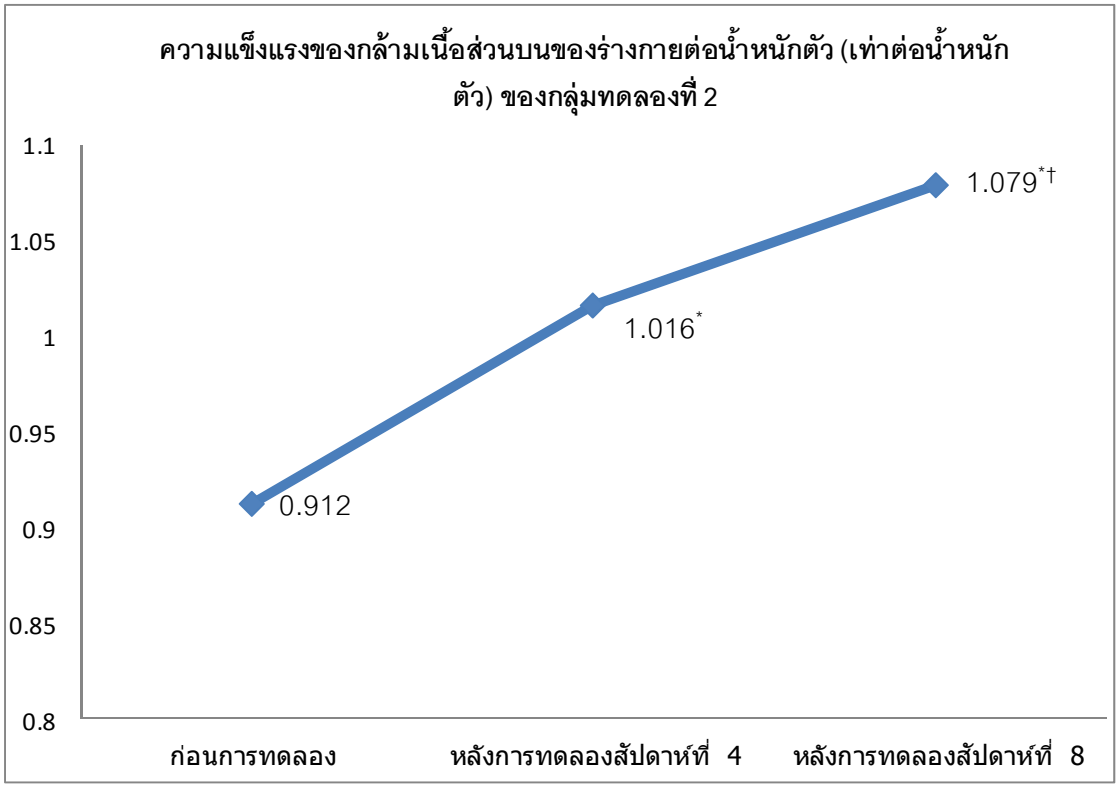
† มีค่าเฉลี่ยดีกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 1



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

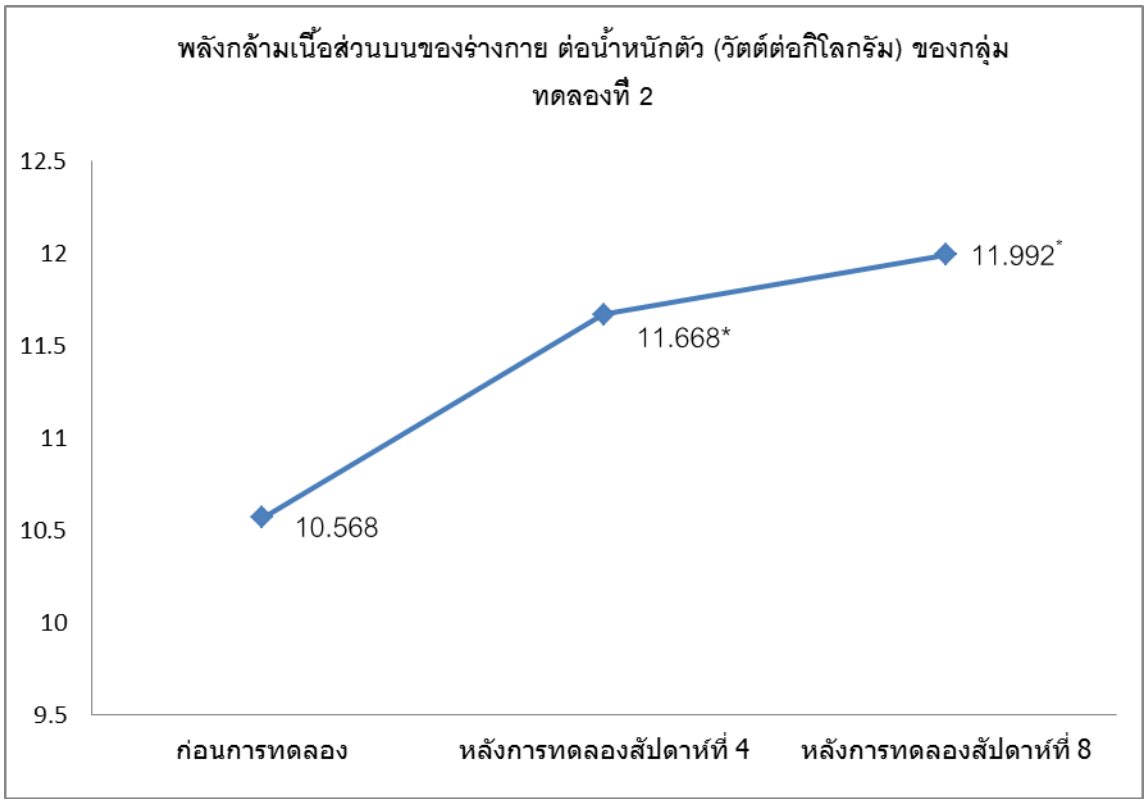
แผนภูมิที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

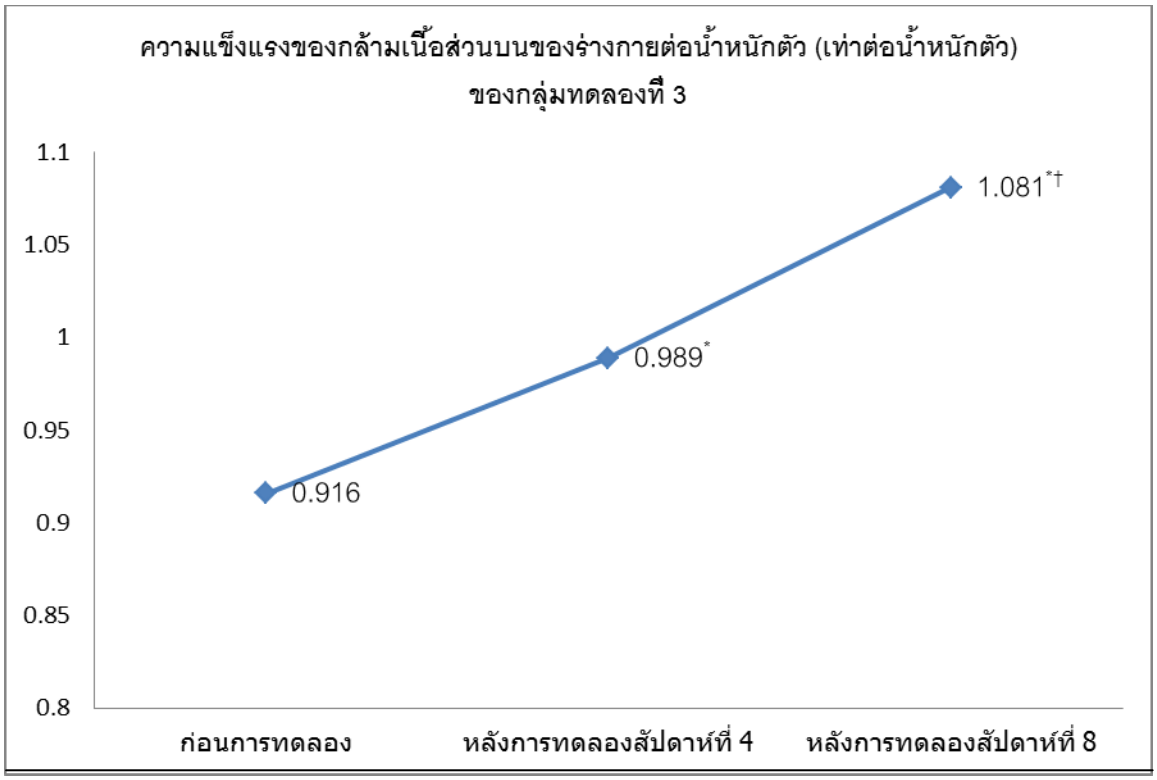
† มีค่าเฉลี่ยดีกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 2



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

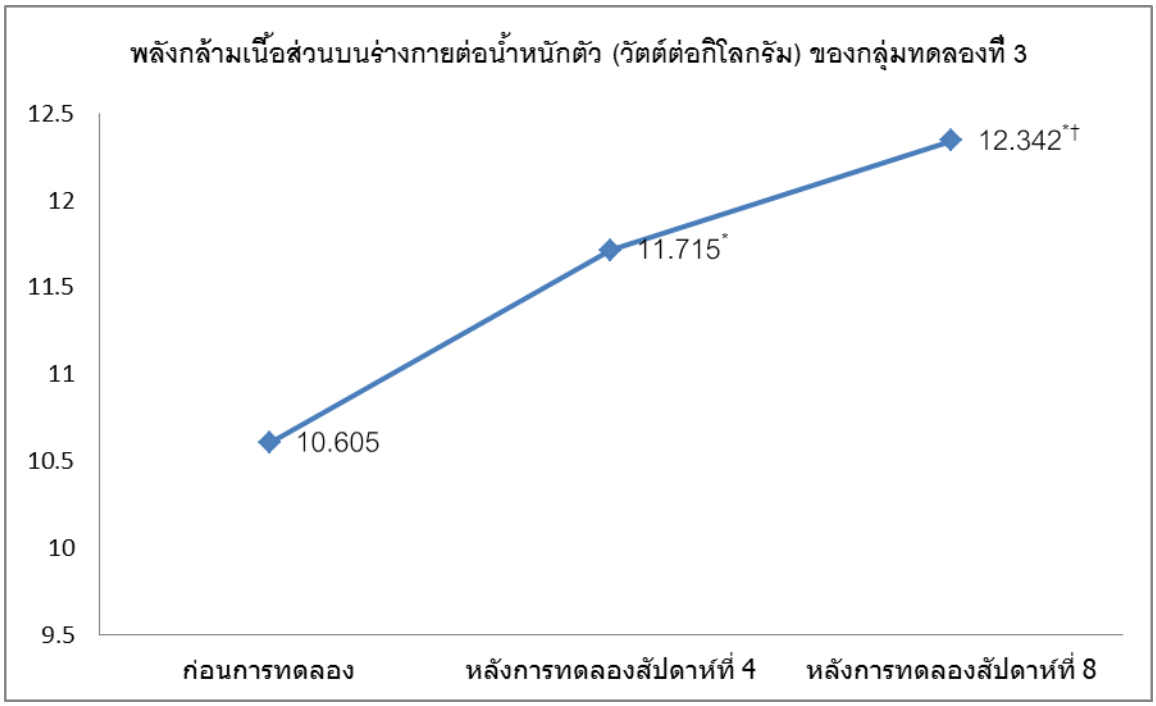
แผนภูมิที่ 7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

† มีค่าเฉลี่ยดีกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองที่ 3



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

† มีค่าเฉลี่ยดีกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-20 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 54 คน แต่หลังจากการวิจัยมีผู้เข้าร่วมวิจัยเหลือทั้งหมด 51 คน เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยบางคนเข้าร่วมวิจัยไม่ถึง 80% ของระยะเวลาฝึกทั้งหมด และมีการออกจากการทดลอง ดังนั้นเหลือผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 51 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Sample random sampling) โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่าๆกัน และทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกโดยใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ของความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกโดยใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% ของความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม และกลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกโดยใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% ของความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม ในส่วนการทดสอบนั้นได้มีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งคือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยค่าต่างๆที่ทำการเก็บรวบรวมประกอบด้วยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) แบบวิธีของแอลเอสดี

ผลการวิจัยพบว่า

1. ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกัน

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ภายในกลุ่มทดลองที่ 3 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว แตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างจากหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

1. **ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว**

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1ใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% และกลุ่มทดลองที่ 3 ที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% พบว่ากลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 0.91 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 1.02 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 1.09 เท่าต่อน้ำหนักตัว) กลุ่มทดลองที่ 2 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 0.91 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 1.01 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 1.07 เท่าต่อน้ำหนักตัว) และกลุ่มทดลองที่ 3 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 0.91 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 0.98 เท่าต่อน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 1.08 เท่าต่อน้ำหนักตัว) ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่าการฝึกโดยใช้สัดส่วนที่ผสม

ระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวได้เหมือนกัน ส่วนสาเหตุที่ทำให้การทดลองนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มอาจจะเป็น เพราะปริมาณน้ำหนักในการฝึกของแต่ละกลุ่มมีความใกล้เคียงกัน ทำให้หลังการฝึกทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันจนไม่แตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งสามกลุ่ม จากการวิจัยครั้งนี้แสดงว่าการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวได้ เนื่องจากการใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศทำให้เกิดความเร่งได้มากกว่าการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนักในการยกที่ใช้น้ำหนักเท่ากัน เนื่องจากมวลแรงต้านจากแรงอัดอากาศน้อยกว่าทำให้เกิดความเร่งในการยกได้มากกว่า ก่อให้เกิดแรงได้มากกว่าตามมา และจะพบว่าการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีอิทธิพลต่อการเกิดแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลจากการควบคุมโดยระบบประสาท โดยที่การใช้แรงพยายามในการปฏิบัติกิจกรรมมากเท่าใดก็จะมีการระดมจำนวนเส้นใยมากขึ้นเท่านั้น เมื่อระดับความหนักที่ใช้ฝึกมากก็จะระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาใช้อย่างมาก (ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552) เมื่อมีการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากก็จะไปกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ จึงทำให้มีความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้น (กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี และคณะ, 2553) และดังที่ บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดนั้นมาจากกการปรับตัวของระบบประสาทในการระดมใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั่นเอง นอกเหนือจากนี้ ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552) กล่าวว่าการปรับตัวในระบบประสาทกล้ามเนื้อ คือสาเหตุที่ทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงมากที่สุดในช่วงระหว่าง 2-4 สัปดาห์แรกของการฝึก

2. **พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว**

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% และกลุ่มทดลองที่ 3 ที่ใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% พบว่ากลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองที่ 3 มีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกาย เพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 10.60 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 11.71 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 12.34 วัตต์ต่อกิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ 2 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 10.56 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 11.66 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 11.99 วัตต์ต่อกิโลกรัม) และกลุ่มทดลองที่ 1 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 10.63 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 12.15 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 12.25 วัตต์ต่อกิโลกรัม) ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่าการฝึกโดยใช้สัดส่วนที่ผสมระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายได้ นอกเหนือจากนี้ผู้วิจัยคิดว่า การที่จะทำให้พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นได้นั้นสามารถทำได้โดยให้ฝึกโดยใช้สัดส่วนจากแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ 60% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% ในช่วง 4 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นให้ฝึกโดยใช้สัดส่วนจากแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศ 80% แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% หลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งสังเกตได้จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวของทั้งสามกลุ่ม

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 3 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ทั้งสามกลุ่มมีพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 3 กลุ่มเดียวที่มีความแตกต่างกับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกโดยใช้สัดส่วนที่ผสมกันระหว่างแรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักมีส่วนช่วยทำให้พลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายเพิ่มขึ้นได้ จากที่ โอ'เช (O'Shea, 2000) ได้กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผล

มาจากผลคูณของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าถ้าทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรือความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่ม ก็จะทำให้ค่าผลคูณเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งจะพบว่าในกลุ่มทดลองทั้งสามกลุ่มมีการเพิ่มของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ แม้ว่าในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่จากการศึกษาของ ฟรอทและคณะ (Frost et al., 2010) ที่ได้กล่าวว่าเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักนี้ทำให้ผู้ฝึกไม่ต้องออกแรงเอาชนะความเฉื่อยจากน้ำหนักของวัตถุที่ใช้ยก เป็นผลให้มีความเร็วในการเคลื่อนไหวมากกว่า เมื่อพิจารณาจากสูตรแล้วจะเห็นได้ว่าพลังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากทั้งความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่จากที่กลุ่มทดลองที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงพลังกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เพียงกลุ่มเดียวน่าจะมาจาก กลุ่มทดลองดังกล่าวมีสัดส่วนความหนักของแรงอัดอากาศมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่ง ฟรอท และคณะ (Frost et al., 2010) ได้กล่าวว่าแรงต้านด้วยแรงอัดอากาศอาจจะมีผลดีต่อน้ำหนักที่มาก ทำให้เกิดความเร่งในการยกได้มากกว่า นอกจากนี้ข้อดีของนิวแมททิคยังถูกคิดมาจากกฎของนิวตันข้อที่ 2 ซึ่งความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เครื่องฝึกนิวแมททิคจะใช้ความดันของอากาศเป็นแรงต้าน ดังนั้นมวลของวัตถุแทบจะเป็นศูนย์ เป็นผลให้นักกีฬาสามารถที่จะสร้างความเร่งได้มากกว่าการฝึกด้วยอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบฟรีเวท โดยที่แรงที่ใช้ในการออกแรงเท่ากัน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบนี้สามารถทำให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายและพลังกล้ามเนื้อส่วนบนได้เหมือนกันทั้งหมด

2. การฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้ท่าฝึกเบนช์ เพรส นั้นจำเป็นต้องได้รับคำแนะนำเพื่อให้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บของกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากการฝึกโดยใช้ท่าดังกล่าวใช้น้ำหนักมากพอสมควร ดังนั้นควรมีผู้ช่วยอย่างน้อย 1 คน ในการช่วยเหลือกลุ่มตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเพิ่มเติม

2. ควรมีการศึกษาผลการฝึกกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนักอย่างน้อย 1 ปี

3. ควรมีการศึกษาถึงผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักกับกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย

4. ควรให้กลุ่มตัวอย่างมีการปรับสภาพร่างกายก่อนการฝึกเพื่อให้เกิดคุ้นเคยกับเครื่องมือก่อนการฝึก

5. อาจจะให้มีการศึกษาโดยที่ในช่วงสี่สัปดาห์แรกให้ฝึกด้วยสัดส่วนหนึ่ง หลังจากนั้นอีก 4 สัปดาห์ฝึกอีกสัดส่วนหนึ่ง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี, ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2553). การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลล์เลย์บอลชาย, **วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ** 11 (ฉบับที่ 2) : 38-53

ธำรง บุญพรหม. (2551). **ผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขาที่มีต่อสมรรถภาพอนากาศนิยมในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิติ ญาณปรีชาเศรษฐ. (2550). **ผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านต่อองค์ประกอบของร่างกายในสตรีที่มีภาวะน้ำหนักเกิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์. (2546). **ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย เพื่อสุขภาพของนักศึกษาชายในระดับปริญญาตรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. (2552). **หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิธิพงศ์ กิมาวหา. (2548). **ผลของการฝึกโดยใช้เครื่องฝึกด้วยน้ำหนักแบบปรับแรงต้าน ที่มีต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันใหม่ ประพันธ์บัณฑิต. (2551). **เวทเทรนนิ่ง (Weight Training)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไอกรุ๊ปเพรส.

วิชุดา คงสุทธิ์. (2545). **ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยเมดิซินบอลและหนังยางที่มีผลต่อพลังกล้ามเนื้อส่วนบนและความเร็วในการว่ายน้ำของนักว่ายน้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด. (2551). **การฝึกด้วยน้ำหนัก: การประยุกต์กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสู่เทคนิคการปฏิบัติ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธิก ธนะทักษ์. (2550). **ผลของการฝึกแรงต้านด้วยน้ำหนักตัวแบบวงจรที่มีต่อสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพของนักศึกษาชายระดับปริญญาบัณฑิต**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริวัฒน์ ไวยนิตย์. (2551). **ข้อดีและข้อเสียของระบบนิวแมติก**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.9 engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=4 3 3 [17 เมษายน 2555]

อนุชา หิรัญวัฒน์. (2548). **ระบบนิวแมติก: กับการควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

เอกลักษณ์ แสนสุข. (2550). **การเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Baechle, T.R., Earle, R. W., and Wathen, D. (2000). **Essentials of strength training and conditioning.** 2nd ed Champaign, Illionis: Human Kinetic.

Baker, D., Nance, S., and Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 15 (1): 20-41.

Bloomfield, J., Ackland, T.R., and Elliott, B.C. (1994). **Applied anatomy and biomechanics in sport.** Melbourne: Black Well Scientific publications

Bompa, O. (1993). **Periodization of strength; the new wave in strength training.** (n.p.): Verritas Publishing.

Bompa, O. (1999). **Periodzation Training for Sports : Program for Peak Strength in 35 Sports**. Toronto : Veritas Publishing.

Chandler, T. J. and Brown, L. E. (2007). **Conditioning for strength and human performance**, p.91

Cohen, J. (1988). **Statistical power analysis for the behavioral science**. Hillsdale, NewJersey, Lawrence Eribaum Associated.

Conley, M.S., and Rozenek, R. (2001). Health aspects of resistance exercise and training. **National Strength and Conditioning Association Journal**. : 9-23.

Donatelle, R., Snow, C., and Wilcox, A. (1999). **Wellness : Choices for health and fitness**. Belmont, CA : Wadsworth.

Findley, B. W. (2004). Point/counterpoint: training with rubber bands. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 26(6): 68-69.

Fleck, S.J., and Kraemer, W.J. (1987). **Designing resistance training programs**. Champaign, Illinois: Human Kinetices.

Fleck, S. J, and Kraemer, W. J. (2004). **Designing resistance training programs**. 3rd ed. Champaign, Ilinois: Human Kinetics.

Fox, E.L., Bowes, R.W., and Foss, M. L. (1989). **The physiological basis of physical education and athletics**. Dubuque, IA : Brown.

Frost, D. M., Cronin J.B., and Newton, R. U. (2008). A comparison of kinematics, kinetics and muscle activity between pneumatic and free weight resistance. **European Journal of Applied Physiology**. 104: 937-956.

Frost, D. M., Cronin J. B, and Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance fundamental concepts for training and sports performance. **The American Journal of Sport Medicine**. 40 (4): 303-326.

Grosser, M. and Neumeier, A. (1986). **Tecnicas de entrenamiento (training tecniques)**. Barcelona: Martinez Roca.

Hekkinen, K., Alan, M., and Komi, P. (1985). Electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscles during strength training and detraining. **Acta Physiologica Scandinavica**. 125: 573-585.

Hekkinen K., Komi P., and Alan M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. **Acta Physiologica Scandinavica**. 125: 587-600.

Heyward, V.H. (1998). **Advance fitness assessment & exercise prescription**. 3rd ed. Champaign, Illinois : Human Kinetics.

Hill, D. W. (1995). Energy cost of middle distance running races. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 27(5), Supplement abstract 45.

Hunter, G.R. (2000). **Essentials of the strength training and conditioning**. New York: Human Kinetics.

Ingham, S. (2006). **The physiology of strength training.** In G. Whyte (ed). The physiology of training. Elsevier Ltd, Edinburgh.

Jozsi, A. C., I W. W. Campbell.L. Joseph,S. L. Davey, and W.J. Evans. (1999). Changes in Power with Resistance Training in Older and Younger Men and Women **Journal of Gerontology: Medical Sciences**. Vol. 54A, No. 11. 591-596

Keiser DI, inventor, Keiser, assignee. (1981). **Pneumatic exercising device**. US Patent 4, 257,593.

Keiser Corporation. (2011). **When is a pound not a pound? Keiser compares iron and air**. [Online]. Available from : http://www.keiser.com/media/Pound.pdf [4 November 2011]

Lander, J.E., Bates, B.T., Sawhill, J.A, and Hamill, J. (1985). A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 17(3): 344-353.

McArdle, D., Katch, I., and Katch, L. (1996). **Exercise physiology**. 4th ed. Baltimore : Willam & Wilkins.

Murray, A., & Lear, J. (1981). Power training for sport. New York : Arco.

O'Shea, P. (2000). **Quantum strength fitness II gaining the winning edge**. Oregon : Patrick's Book.

Pearson, D. (1999). Periodization at a glance. **National Strength and Conditioning Association Journal**. (April): 52-53.

Pearson, D. (2000). The national strength and conditioning association's basic guidelines for the resistance training of athletes. **National Strength and Conditioning Association Journal**. : 14-27.

Peterson, M.D., Rhea, M.R., and Alvar, B.A. (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. **Journal of Strength and Conditioning Research**.18(2):377-382

Powers, S. K. and Dodd, S. L. (2009). **Total fitness and wellness**. Brirf ed., 3rd ed. Pearson Benjamin Cummings, 1301 Sansome St., Sanfrancisco. Pearson education.

Roger A. Fielding et.al. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. **Journal of the American Geriatrics Society**. 50:655-662

Sharkey, B.J. and Gaskill, S.E. (2006). **Sport physiology for coaches.** Champaign, Ilinois: Human Kinetic.

Thompson, P.J. (1991). **Introduction to coaching theory**. Marshallarts Prints services ltd. West Sussex.

Wilson, G. J. (1994). **Strength and power in sport.** In J. Bloomfield, T.R. Aukland and B.C. Eliott (eds.), Applied anatomy and biomechanics in sport, pp. 110-208. Victoria, Australia: Blackwell Scientific Publications.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ใบรับรองโครงการวิจัย

A1 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 ชั้น 4 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-8147 โทรสาร: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 002/2555

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 164.1/54 : การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องยกน้ำหนักแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงกดกาลและสมดุลแรงต้านด้วยน้ำหนักในตัวส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

ผู้วิจัยหลัก : นายกฤตมุข หล่าบรรเทา

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 ชัยชนะวงศ์ศิโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 6 มกราคม 2555 **วันหมดอายุ** : 5 มกราคม 2556

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

รับที่ประชุม ครั้งที่ 164.1/54
วันที่รับรอง 06 มค 2555
วันหมดอายุ 05 มค 2556

เงื่อนไข

1. ข้อพึงปฏิบัติในการดำเนินการตามหลักจริยธรรม ตามหลักเกณฑ์การเก็บข้อมูลการวิจัยในคน ให้ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด
2. ตามใบรับรองโครงการวิจัยมีอายุ 1 ปี ผู้วิจัยต้องดำเนินการต่ออายุโครงการก่อนวันหมดอายุไม่น้อยกว่า 1 เดือน หากมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยต่อ
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ให้ยื่นเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประสงค์ขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากผลการศึกษาวิจัยไม่เป็นประโยชน์ที่จะนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดูแลรักษาผู้ป่วย ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ยื่นคณะกรรมการพิจารณาเรื่องการเปลี่ยนแปลงก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยที่ยังไม่สิ้นสุด ให้ส่งต่ออายุโครงการวิจัย (HS 03-12) และยื่นคำขอต่ออายุก่อนวันหมดอายุ ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยสิ้นสุด ส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ให้ส่งภายในกำหนดโครงการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยสิ้นสุด

ภาคผนวก ข
ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

A COMPARISION OF TRAINING EFFECTS BETWEEN DIFFERENT PROPORTION OF COMBINED OF PNEUMATIC AND FREE WEIGHT RESISTANCE ON MUSCULAR STRENGTH AND POWER

ชื่อผู้วิจัย นายกฤตมุข หล่าเธรเทา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 (แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม.10330 โทรศัพท์ 02-2181010

โทรศัพท์มือถือ 086-7203069 E-mail: m_hanaka@hotmail.com

เอกสารรับรองที่ 164.1/54
วันที่รับรอง 9 : มิ.ค. 2555
วันหมดอายุ 05 มิ.ค. 2556

1. เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกันอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ ซึ่งภาษาที่ใช้สามารถเข้าใจได้ชัดเจน หากมีข้อซักถามสามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยอะไร

โครงการนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกโดยใช้เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ในนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน3 รูปแบบที่จะส่งผลต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-20 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง มีความพร้อมในการออกกำลังกาย และผ่านการประเมินแบบคัดกรองก่อนเข้าร่วมการวิจัย ทั้งหมด 60 คน เพื่อแบ่งเข้ากลุ่มการฝึก

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ต้องผ่านเกณฑ์การคัดกรองและการคัดเลือก

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบแบบสอบถามพันเสียก
3. กลุ่มตัวอย่างขาดการฝึกตามโปรแกรมติดต่อกันนานกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะทำการทดลอง
4. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากการฝึกและมีอาการเจ็บป่วยในช่วงของการทดลองทำให้เข้าร่วมวิจัยต่อไม่ได้ เป็นต้น

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

นำกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 -20 ปี จำนวน 60 คน ซึ่งได้จากการปิดประกาศรับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยนิสิตต้องทำการทดสอบหาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของร่างกายส่วนบน ในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ในลักษณะนอนดันน้ำหนักขึ้นในแนวดิ่งก่อนการทดลอง แล้วสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก เพื่อเลือกกลุ่มและรูปแบบการฝึก แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก 40% และแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 60% จำนวน 20 คน

กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก 30% และแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 70% จำนวน 20 คน

กลุ่มทดลองที่ 3 ใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม โดยใช้สัดส่วนผสมระหว่างแรงต้านด้วยน้ำหนัก 20% และแรงต้านจากแรงอัดอากาศ 80% จำนวน 20 คน

โดยทุกกลุ่มการทดลองใช้แบบฝึกชุดเดียวกันทั้งหมด คือ

- ความหนัก 85 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
- จำนวน 6 ครั้ง
- จำนวนเซต 3 เซต
- ระยะเวลาในการพัก 3 นาที
- ความถี่ในการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์

164.1/54
0 1 มค. 2555
0 5 มค. 2556

เมื่อระยะเวลาฝึกผ่านไป 4 สัปดาห์ จะมีการเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ฝึกใหม่ การทดลองนั้นจะทำการทดลอง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ในวันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์ ช่วงเวลา 17.00 – 19.00 น. ณ ศูนย์ทดสอบวิจัยและทดสอบวัสดุอุปกรณ์ทางกีฬา (TRECS) ห้อง 2107 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้รับอนุญาตให้เข้าไปดำเนินการจากทางคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยโปรแกรมการฝึกของแต่ละคนนั้นใช้เวลาครั้งละประมาณ 10 – 15 นาที โดยทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคน จะได้รับการทดสอบตัวแปรด้านสมรรถภาพกล้ามเนื้อ จำนวน 3 ครั้ง คือก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งการทดสอบในแต่ละครั้ง ประกอบด้วย

1. วิธีหาความแข็งแรงสูงสุด (1 RM test) ณ ศูนย์ทดสอบวิจัย และทดสอบวัสดุอุปกรณ์ทางกีฬา (TRECS) ห้อง 2107 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เวลาทดสอบครั้งละประมาณ 10 นาที

2. ทดสอบพลังกล้ามเนื้อด้วยเครื่องบัลลิสติก เมสเซอเมนท ซิสเท็ม (Ballistic Measurement system) ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัยวัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา (TRECS) อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ใช้เวลาทดสอบครั้งละประมาณ 10 นาที

6. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงและทำความเข้าใจถึงข้อมูลในส่วนต่างๆ แก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกทั้งหมดด้วยตนเองและมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน โดยได้รับการอบรมให้เป็นเวลา 1 วันก่อนเริ่มทำการทดลอง ซึ่งผู้ช่วยวิจัยทั้งสองผ่านการลงทะเบียนรายวิชา 3901308 วิธีฝึกและเสริมสร้างสมรรถภาพของร่างกาย มีหน้าที่ช่วยป้องกันอันตรายจากการยกของผู้มีส่วนร่วมวิจัย

7. เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างแต่ละกลุ่มการฝึก ผู้วิจัยจึงขอร้องให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดให้

8. ความเสี่ยงของการฝึกแรงต้านด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงยัดอากาศผสมกันแรงต้านด้วยน้ำหนัก ในท่าเบนช์ เพรส ซึ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยควรระมัดระวังได้แก่ เมื่อใช้น้ำหนักในการยกมากจะมีการงอหลังเกิดขึ้นสามารถเกิดการบาดเจ็บของกระดูกสันหลังได้ และถ้าหากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยยกให้บาร์เบลล์กระแทกหน้าอกเพื่อช่วยดันขึ้น สามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกระดูกหน้าอกและกระดูกซี่โครงได้เพื่อความปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัย ผู้ช่วยวิจัยจะดูแลไม่ให้เกิดการบาดเจ็บตลอดจนช่วยเหลือในเบื้องต้นได้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึก จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ก่อนนำมาใช้ในการวิจัย นอกจากนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และทำการฝึก มีการให้คำแนะนำให้ความรู้และวิธีการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและทำการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก ในขณะที่ทำการฝึกกลุ่มตัวอย่าง หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นระหว่างการฝึกสามารถหยุดพักได้ทันที และควรแจ้งต่อผู้วิจัยโดยเร็วเพื่อดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

16.1.54
0 มค. 2556
05 มค. 2556

9. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ช่วยพัฒนาทำให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อของร่างกาย

ส่วนที่เหมาะสมดีขึ้น สามารถนำการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงโน้มถ่วงของโลกผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักไปพัฒนาเพื่อให้เกิดความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

2. มีความรู้เบื้องต้นในการฝึกด้วยน้ำหนัก รู้รูปแบบของการฝึกที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

3. เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถนำมาใช้ฝึกให้กับตนเองหลังจากการทดลองสิ้นสุดลง

การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

12. *ผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกเป็นเสื้อกีฬาที่มีราคา 400 บาท โดยจะมอบให้ผู้มีส่วนร่วมวิจัยหลังสิ้นสุดการทดลอง*

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

164 ง 154
05 มิ.ค. 2555
05 มิ.ค. 2556

ภาคผนวก ค
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่..... เดือน.....พ.ศ. .....

เรียน ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ	การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบเฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ
ชื่อผู้วิจัย	นายกฤตบุญ หล่าบรรเทา
ที่อยู่ที่ติดต่อ	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	086-7203069 E-mail: m_banaka@hotmail.com

164 1 54

05 มค 2555

05 มค 2556

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้า จึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมตอบแบบสอบถามคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย *แบบสอบถามดังกล่าวมีทั้งหมด 10 ข้อ ใช้เวลาประมาณ 10 นาที* และเข้าร่วมการวิจัยตามรูปแบบที่กำหนด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ๆละ 3 วันๆละประมาณ 10-15นาที (วันจันทร์ วันพุธและวันศุกร์) และทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ครั้งที่ 2 หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และครั้งที่ 3 หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ *ซึ่งผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย 2 คน เป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย*

1. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา
   - อายุ (ปี)
   - ส่วนสูง (เซนติเมตร)
   - น้ำหนัก (กิโลกรัม)
2. ทดสอบความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อส่วนบน (ทำการทดสอบ 3 ครั้ง)

การทดสอบ ทำการทดสอบที่ห้องศูนย์วิจัยและวัสดุ อุปกรณ์กีฬา ห้อง 2107 ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากข้าพเจ้าได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการวิจัย ข้าพเจ้าจะต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้คำแนะนำโดยให้หยุดพักสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้นและจะนำส่งไปยังโรงพยาบาล *โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลอย่างเหมาะสม*

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า **ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น **ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า**

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้า สามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

เลขที่การวิจัย 164.1/54
05 มิ.ย. 2555
05 มิ.ย. 2556

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เข้าร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ภาคผนวก ง
แบบคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

แบบคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

การเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ

วันที่ทำการคัดเลือก……../……../…….. ชื่อ…….อายุ……ปี

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ…….นามสกุล……ชั้นปี……
2. วัน เดือน ปีเกิด……ปัจจุบันอายุ……ปี
3. น้ำหนัก……กิโลกรัม ส่วนสูง……เซนติเมตร
4. ที่อยู่ปัจจุบัน……

เบอร์โทรติดต่อที่บ้าน…… มือถือ……

E-mail : ……..

ตอนที่ 2 : ข้อมูลประวัติสุขภาพ

5. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี ◯ มี ◯ โปรดระบุ……

6. ท่านป่วยเป็นโรคได้แก่ โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต หรือไม่

ไม่ใช่ ◯ ใช่ ◯ โปรดระบุ……

7. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดที่บริเวณ หลัง ไหล่ ข้อมือ หรือไม่

ไม่เคย ◯ เคย ◯ โปรดระบุ……

8. ท่านเคยได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บรุนแรง หรือไม่

ไม่เคย ◯ เคย ◯ โปรดระบุ……

9. ท่านเคยมีอาการเจ็บหน้าอกรุนแรง หรือไม่

ไม่เคย ◯ เคย ◯ โปรดระบุ……

10. ประวัติการออกกำลังกาย

10.1 ท่านให้เวลากับการออกกำลังกายมากน้อยเพียงใด

◯ ไม่ได้ออกกำลังกายมาเป็นเวลานานมากกว่า 3 เดือน

◯ ออกกำลังกายเป็นบางครั้ง เมื่อมีโอกาส

◯ ออกกำลังกายเป็นประจำ ทุกครั้งเมื่อมีโอกาส

◯ ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

10.2 โดยเฉลี่ย ท่านออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬากี่วัน/สัปดาห์

น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ◯ 1 ครั้ง/สัปดาห์ ◯

2-3 ครั้ง/สัปดาห์ ◯ มากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ ◯

10.3 ประเภทกีฬา หรือ การออกกำลังกายชนิดใดที่ท่านปฏิบัติอยู่

ระบุ……

10.4 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย/เล่นกีฬาที่ท่านปฏิบัติในแต่ละครั้ง

น้อยกว่า 20 นาที ◯ 20-30 นาที ◯

30-60 นาที ◯ มากกว่า 60 นาที ◯

สรุปผลการคัดเลือก ◯ สามารถเข้าร่วมการวิจัย ◯ ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัย

ผู้ดำเนินการคัดเลือก……..

(นายกฤตมุข หล่าบรรเทา)

ภาคผนวก จ

โปรแกรมที่ใช้ฝึกด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก

การฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน คือวันจันทร์ พุธและศุกร์ โดยฝึกในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ในช่วงเวลา 17.00 น.-19.00 น. ณ ศูนย์วิจัย และทดสอบวัสดุอุปกรณ์กีฬา อาคารจุฬาพัฒน์ 8 ห้อง 2107 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหนัก :	85%	ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง :	6	ครั้ง
จำนวนชุด :	3	ชุด
ระยะเวลาพักระหว่างชุด :	3	นาที

โดยที่กลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มใช้สัดส่วนของแรงต้านจากแรงอัดอากาศและแรงต้านด้วยน้ำหนักในสัดส่วนที่แตกต่างกัน

กลุ่มทดลอง	สัดส่วนแรงต้านจากแรงอัดอากาศ (%)	สัดส่วนแรงต้านด้วยน้ำหนัก (%)
1	60	40
2	70	30
3	80	20

โปรแกรมการฝึกในช่วงสัปดาห์ที่ 1-4

สัปดาห์ที่ / วัน	ความหนัก	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 1-4)	จำนวนครั้ง	จำนวนชุด	เวลาพัก
1-4 จันทร์ พุธ ศุกร์	ใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม	- ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกในท่าเบนช์ เพรส(Bench press) ตามความหนักที่ใช้ฝึก	6	3	3 นาที

โปรแกรมการฝึกในช่วงสัปดาห์ที่ 5-8

สัปดาห์ที่ / วัน	ความหนัก	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 5-8)	จำนวนครั้ง	จำนวนชุด	เวลาพัก
5-8 จันทร์ พุธ ศุกร์	ใช้ความหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็มที่คิดใหม่หลังทดสอบสัปดาห์ที่ 4	-ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกในท่าเบนช์ เพรส(Bench press) ตามความหนักที่ใช้ฝึก	6	3	3 นาที

ภาคผนวก ฉ
วิธีการหาน้ำหนัก

การหาน้ำหนัก 1 อาร์เอ็ม นั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย ปฏิบัติดังนี้

- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหน้าอก ประมาณ 3-5 นาที
-อบอุ่นร่างกายด้วยการยกน้ำหนักเบาๆ ประมาณ 15 ครั้ง
-เพิ่มน้ำหนักขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยยกน้ำหนักได้ไม่เกิน 6 ครั้ง
-ใช้ตารางเทียบน้ำหนักคิดเป็นเปอร์เซนต์ที่ได้
-คำนวณน้ำหนักที่ได้ออกมาเป็นค่า 1 อาร์เอ็ม

การประเมินค่า 1 อาร์เอ็ม (1 RM) Baechle, Earle และ Wathen (2000)

จำนวนครั้งที่สามารถยกได้มากที่สุด (Repetitions maximum)	1	2	3	4	5	6
เปอร์เซ็นต์ของค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้สูงสุดเพียงครั้งเดียว (%1 RM)	100	95	93	90	87	85

ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักในการฝึก

สมมติน้ำหนักที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยกได้มากที่สุด ใน 1 ครั้ง คือ 90 kg

ความหนักที่ใช้ในการฝึก 85% ของ 1 อาร์เอ็ม คิดเป็น 76 kg

สัดส่วน % ของแรงต้านด้วยน้ำหนัก	สัดส่วน % ของแรงต้านจากแรงอัดอากาศ
40%	60%
30%	70%
20%	80%

คิดออกมาเป็นน้ำหนักจะได้

สัดส่วน % ของแรงต้านด้วยน้ำหนัก (รวมน้ำหนักของคานบาร์เบลล์แล้ว)	สัดส่วน % ของแรงต้านจากแรงอัดอากาศ	รวมเป็น
30.4 kg	45.6 kg	76 kg
22.8 kg	53.2 kg	76 kg
15.2 kg	60.8 kg	76 kg

หลังสัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไปคิดน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกสัปดาห์ที่เหลือใหม่ เนื่องจากมีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายต่อน้ำหนักตัว และความหนักที่ใช้เป็น 85% ของ 1 อาร์เอ็ม สมมติว่าผู้เข้าร่วมวิจัย ทดสอบความแข็งแรง แล้วคิดน้ำหนัก 85% ของ 1 อาร์เอ็มใหม่ได้เป็น 85 kg จากนั้นใช้วิธีการกำหนดน้ำหนักเหมือนกับข้างต้น

ภาคผนวก ช

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ

เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนัก ยี่ห้อ ไกเซอร์ (Keiser) รุ่น A400 ประเทศสหรัฐอเมริกา

ข้อมูลเบื้องต้น

ความสูง 2743 mm ความกว้าง 1854 mm ความยาว 2362 mm

น้ำหนัก 640 lbs/290 kg ช่วงแรงต้าน 0-212 lbs/0-96 kg

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดลองฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด ตามการทำงานของเครื่องมือ
2. ใส่แผ่นน้ำหนักและแรงอัดอากาศเท่ากับค่าที่จะใช้ฝึกของแต่ละคนโดยได้จากการคำนวณมาแล้ว
3. ผู้เข้ารับการทดลองฝึกโดยใช้ท่าเบนช์ เพรส (Bench press)

การบันทึก

บันทึกค่าที่ได้จากเครื่องหลังจากการปฏิบัติแต่ละครั้ง

โอลิมปิกบาร์เบลล์ (Olympic barbell)

เครื่องมือ

โอลิมปิกบาร์เบลล์ ยี่ห้อ เอลิโก้ (Eleiko) ประเทศสวีเดน ขนาดน้ำหนัก 20 กิโลกรัม

โอลิมปิกบาร์เบลล์ ยี่ห้อ เอลิโก้ (Eleiko) ประเทศสวีเดน ขนาดน้ำหนัก 15 กิโลกรัม

โอลิมปิกบาร์เบลล์ ขนาดน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

วิธีการ

ให้ผู้เข้ารับการทดลองใช้ในการทดลอง เป็นทั้งคานและน้ำหนักในการยกท่าเบนช์ เพรส

นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch)

เครื่องมือ

นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio รุ่น HS-30W

วิธีการ

ให้ผู้วิจัยใช้จับเวลาในการพักระหว่างเซตของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน

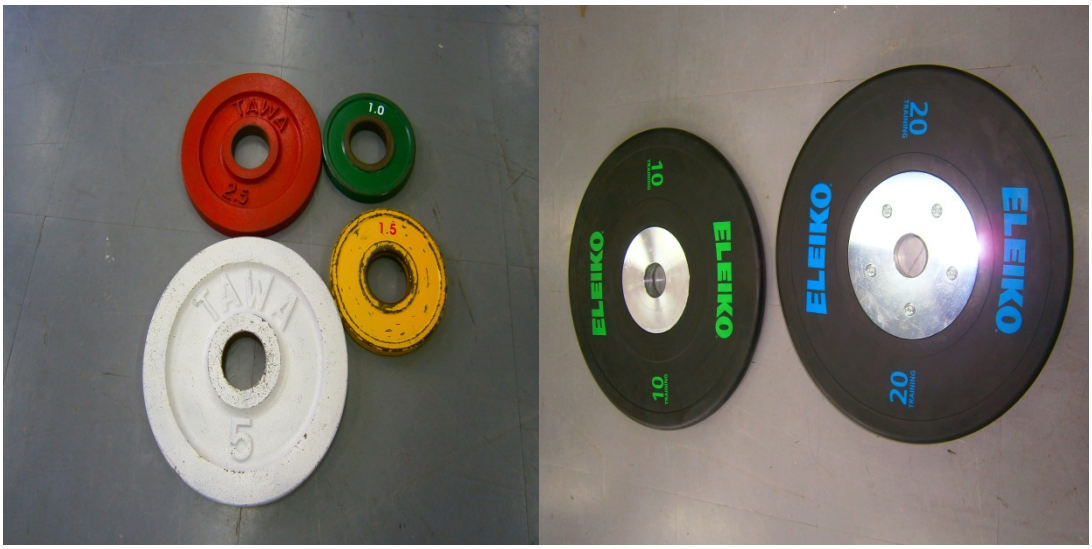
แผ่นน้ำหนัก (weight stacks)

เครื่องมือ

แผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ เอลิโก้ (Eleiko) ประเทศสวีเดน ขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 10-25 กิโลกรัม
แผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ ทาวา (TAWA) ประเทศไทย ขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 0.5-5 กิโลกรัม

วิธีการ

ผู้วิจัยใส่แผ่นน้ำหนักขนาดต่างๆ ให้ตรงกับน้ำหนักของผู้ทดสอบแต่ละคนที่จะใช้ฝึก



เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่อง Ballistic measurement system

เครื่องมือ

เครื่อง Ballistic measurement system รุ่น FT700 ประเทศออสเตรเลีย

ข้อมูลเบื้องต้น

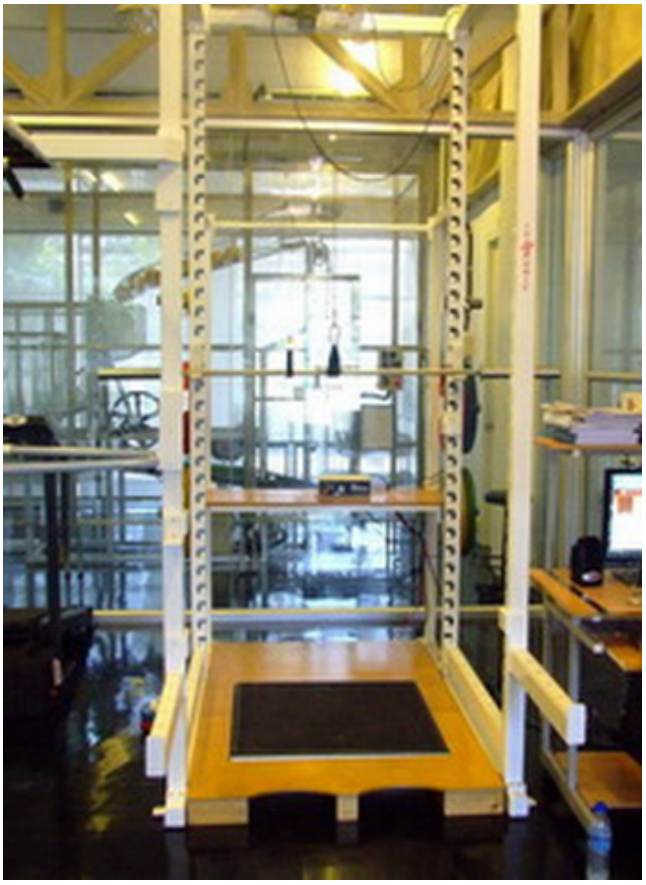
สูง 3 m กว้าง 1.08 m ยาว 1.08 m

วิธีการ

ให้ผู้เข้ารับการทดลองทดสอบโดยการใช้ท่าเบนช์ เพรส (Bench press) นอนลงบนเบาะ จากนั้นดันบาร์เบลล์ขึ้นด้วยความเร็ว ด้วยความหนักที่ระดับต่างๆ ที่กำหนดจำนวน 4 ครั้ง

การบันทึกค่า

บันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณของเครื่อง



ภาคผนวก ซ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก

1. ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ สถาบันการพลศึกษา
2. ดร. ศุกล อริยสัจสี่สกุล	รองคณบดีคณะวิทยาศสตร์การกีฬาและสุขภาพ สถาบันการพลศึกษา
3. ผศ.ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ผศ.ดร. วันชัย บุญรอด	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นายสุรศักดิ์ เกิดจันทึก	หัวหน้างานทดสอบและส่งเสริมสมรรถภาพ ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย

ภาคผนวก ฌ

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

แบบประเมินองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึก IOC

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1. โปรแกรมการฝึก				
- ความถี่ของการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์	3	1	1	0.5
- จำนวนครั้งในการฝึก 6 ครั้ง	5	0	0	1
- จำนวนเซต 3 เซต	5	0	0	1
- ระยะเวลาพักระหว่างเซต 3 นาที	4	1	0	0.8
- ความหนักที่ใช้ในการฝึก 85% ของ 1 RM	3	1	1	0.5
- ระยะเวลาในการพัฒนาก่อนการฝึกทั้งหมด 3 สัปดาห์	3	2	0	0.6
- ระยะเวลาในช่วงการฝึก ทั้งหมด 8 สัปดาห์	5	0	0	1
- รวมระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกทั้งหมด 11สัปดาห์	3	1	1	0.5

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ - เครื่องออกกำลังกายแบบฟรีเวทที่ใช้แรงต้านจากแรงอัดอากาศผสมกับแรงต้านด้วยน้ำหนักยี่ห้อ ไกเซอร์ รุ่น A400 (Keiser half power rack equipment) ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ในการทดสอบความแข็งแรง	4	1	0	0.8
- เครื่องบอลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic Measurement system) รุ่น FT700 ประเทศออสเตรเลีย ใช้ในการทดสอบพลังกล้ามเนื้อ	5	0	0	1
ค่าเฉลี่ย				0.77

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	:	นายกฤตมุข หล่าบรรเทา
เกิดวันที่	:	11 กันยายน 2530
สถานที่เกิด	:	อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	:	42 ซอยแจ้งสนิท 15 ถนนแจ้งสนิท อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราธานี 34000
ประวัติการศึกษา	:	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตแขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553