ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ในนักกีฬาเทนนิสชาย

นายสุทธิกร อาภานุกูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF ECCENTRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE TENNIS PLAYERS

Mr. Suttikorn Apanukul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Sciences Program in Sports Science

School of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย
โดย	นายสุทธิกร อาภานุกูล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุทธิกร อาภานุกูล : ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย. (THE EFFECTS OF ECCENTRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE TENNIS PLAYERS). อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 114 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทนนิสชายจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ได้มาด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักเทนนิสจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที (t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ก่อนการทดลองกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกและกลุ่มที่ฝึกแบบอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา มากกว่าการกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์การกีฬา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา.....2551..... ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5078637139 : MAJOR SPORT SCIENCE

KEY WORD : ECCENTRIC TRAINING / MUSCULAR FITNESS

SUTTIKORN APANUKUL : THE EFFECTS OF ECCENTRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE TENNIS PLAYERS. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN,Ph.D, 114 pp.

The purpose of this research was to study the effects of eccentric training on leg muscular fitness in male tennis players. Twenty male tennis players were purposively sampled to be subjects in this study. They were divided into two groups, each group of ten players, by on simple random sampling. In addition to the regular training program, the first group worked with combined eccentric training and concentric training. The second group did eccentric training. Both groups trained two days a week for a period of eight weeks. The data of leg muscular strength per body weight, speed, leg muscular power and agility were taken before experiment, after the fourth and eighth weeks. The obtained data were analyzed in terms of means and standard deviations, one-way analysis of variance with repeated measure and multiple comparison by the tukey (a) were also employed for statistical significant.

Research results indicated that:

1. After fourth and eighth weeks of experimental. Leg muscular strength per body weight in the eccentric training group was significantly better than the combined eccentric training and concentric training group at the .05 level.

2. Before the experimental, speed in the combined eccentric training and concentric training group was significantly better than the eccentric training group at the .05 level. But after eighth weeks of experimental, there was no significant difference in speed at the .05 level among 2 experimental groups.

3. After eighth weeks of experimental, leg muscular power in the eccentric training group was significantly better than the combined eccentric training and concentric training group at the .05 level.

4. After eighth weeks of experimental, agility in the eccentric training group was significantly better than the combined eccentric training and concentric training group at the .05 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Academic Year : .....2008 ..... Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด และอาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม ซึ่งช่วยให้คำแนะนำดูแลเอาใจใส่ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยดี ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยขอคำปรึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์ พันจ่าอากาศเอก อานัต หัตถา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุธนะ ติงศภัทิย์ และ อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ ศูนย์กีฬาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์กีฬามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องการใช้สถานที่ อีกทั้งชมรมเทนนิสจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และชมรมเทนนิสมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างดี

และที่สำคัญ ขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นห่วงเป็นใย ตลอดเวลาที่ศึกษาอยู่

ด้วยคุณและความดีและประโยชน์อันเกิดจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ อีกทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดจนสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญแผนภูมิ		ฎ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	สมมุติฐานของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	4
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ…….	7
	ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิส	9
	ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ	22
	กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา	25
	แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ	28
	หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก	34
	งานวิจัยในประเทศ	36
	งานวิจัยต่างประเทศ	40
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	43

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	44
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	44
	ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล	45
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	46
	การวิเคราะห์ข้อมูล	46
	ขั้นตอนในการวิจัย	47
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	48
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	74
	สรุปผลการวิจัย	74
	อภิปรายผลการวิจัย	77
	ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	79
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	79
รายการอ้างอิง		80
ภาคผนวก		84
	ภาคผนวก ก	85
	ภาคผนวก ข	88
	ภาคผนวก ค	92
	ภาคผนวก ง	96
	ภาคผนวก จ	98
	ภาคผนวก ฉ	100
	ภาคผนวก ช	103
	ภาคผนวก ซ	106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์		114

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2	49
2	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2	50
3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2	51
4	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2	52
5	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	53
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	54
7	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	55
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	56
9	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	57
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	58
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1	59

ตารางที่ หน้า

12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1..... 60
13 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 61
14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 62
15 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 63
16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 64
17 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 65
18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 66
19 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 67
20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 68
21 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่2..... 69

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1และกลุ่มที่2.....	70
2	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2.....	71
3	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2.....	72
4	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2.....	73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกีฬาเทนนิสได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก ไม่ว่าการเล่นเพื่อสุขภาพ การเล่นเพื่อความเป็นเลิศ หรือการเล่นเพื่ออาชีพก็ตาม มีการแข่งขันในกีฬานัดสำคัญๆ ของโลก เช่นกีฬาโอลิมปิกเกมส์ กีฬาเอเชี่ยนเกมส์ กีฬาซีเกมส์ หรือการแข่งขันกีฬาเทนนิสระดับอาชีพ เช่น เฟร้นช์โอเพ่น(French Open) ยูเอสโอเพ่น (U.S. Open) ออสเตรเลียนโอเพ่น (Australian Open) และวิมเบิลดัน (Wimbledon) มีนักกีฬาให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ในทุกประเทศได้ให้ความสนใจ และส่งเสริมกีฬาเทนนิสมากขึ้นเป็นลำดับ จะเห็นได้ว่าในยุโรปและอเมริกามีนักกีฬาเทนนิสระดับโลก หรือระดับมืออาชีพ และสมัครเล่นที่มีชื่อเสียงเกิดขึ้นมาก

การเล่นกีฬาเทนนิสให้ได้รับความสำเร็จ หรือมีชัยชนะในการแข่งขันได้นั้นนักกีฬาจะต้องมีความพร้อมทั้งด้านร่างกายและจิตใจ และการมีทักษะเทคนิคเป็นอย่างดี เพราะเทนนิสเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายมาก มีการวิ่งอย่างรวดเร็ว หยุดและเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เพื่อสามารถเคลื่อนที่เข้าไปหรือถอยออกมาตีลูกบอลได้อย่างทันท่วงที นั้นก็คือความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ความสามารถของนักกีฬาเทนนิสได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับจูน (June, 1998) ได้กล่าวว่า ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนักกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยปกติขณะเล่นหรือการแข่งขันนักกีฬาจะต้องวิ่งอย่างรวดเร็วและเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ระยะทางสั้นๆ ประมาณ 3-8 เมตร ลักษณะการเคลื่อนที่ของนักกีฬาเทนนิสคือ การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า 47% การเคลื่อนที่ไปด้านข้าง 48% และการเคลื่อนที่ไปด้านหลังเพียง 5% เท่านั้นจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปด้านข้างและการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นทิศทางสำคัญที่นักกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องใช้เพื่อเข้ารับลูกเทนนิสหรือตอบโต้ทั้งเกมรุกและเกมรับ นักกีฬาเทนนิสจึงต้องฝึกความคล่องแคล่วว่องไวให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปใช้ในการเล่นและการแข่งขัน

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Muscular fitness) เป็นพื้นฐานของสมรรถภาพทางกาย และเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเล่นกีฬาเกือบทุกประเภท และรวมไปถึงกีฬาเทนนิสด้วย สมรรถภาพของกล้ามเนื้อมีผลโดยตรงต่อความเร็ว ความแข็งแรง ความอดทน พลังของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง การทรงตัว ความอ่อนตัว และความคล่องแคล่วว่องไว การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ต่างๆ จะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของ

กล้ามเนื้อของนักกีฬาเทนนิสแต่ละคน จึงมีการคิดค้นการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training) ซึ่งเป็นการฝึกกล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric muscle action) คือ การทำงานของกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น โดยสามารถต้านน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก (Concentric muscle action) คือ การทำงานของกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลง โดยสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (Isometric muscle action) คือ การทำงานของกล้ามเนื้อให้มีความยาวคงที่ โดยสามารถต้านแรงต้านทานของน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ โดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ด้วยความเร็วที่เหมาะสมตามโปรแกรมการฝึก ตลอดเวลาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกโดยคำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก ซึ่งนำโปรแกรมต่างๆมาใช้ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ นับว่ามีความสำคัญมาก โดยมีการฝึกให้มีความเฉพาะเจาะจงกับแต่ละชนิดกีฬา เพื่อที่จะพัฒนาไปสู่ความเป็นเลิศ จากการศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมาพบว่า ได้มีการนำเอาโปรแกรมการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก มาใช้ให้เกิดประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย โดยใช้ในการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle hypertrophy) ใช้ในการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance)

คอลเลียนเดอร์ และทีสซ์ (Colliander and Tesch, 1990) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกแบบการทำงานแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่สองฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก (Combined eccentric training and concentric training) ผลปรากฏว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก มีความแข็งแรงกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก ซึ่งสอดคล้องกับฮิลเลียด-โรเบิร์ตสัน (Hilliard-Robertson, 2003) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และดูมวลของกล้ามเนื้อ (Muscle mass) โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่สองฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ผลปรากฏว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก มีความแข็งแรง และมีมวลกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก และในเวลาต่อมา เบิร์ด (Bird, 2005) ได้นำการฝึกที่คำนึงถึงการการทำงานแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก มาใช้ในการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อโดยทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ทั้งหมด 3 เซต ๆ ละ 15-20 ครั้ง เพราะฉะนั้นการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก สามารถเพิ่มความแข็งแรง และความอดทนให้กับนักกีฬาได้

ข้อสรุปดังกล่าวนี้ทำให้มีคำถามมากมายเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อว่า ถ้ามีการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างเดียวจะสามารถสร้างความแข็งแรง และความอดทนให้กับนักกีฬาได้มากกว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริกหรือไม่ ซึ่งในปัจจุบันนี้พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก นับว่ามีสำคัญเป็นอย่างมากในกีฬาเทนนิส เพราะช่วยในการลดความเร็ว หรือชะลอความเร็วในการเคลื่อนที่ หรือการเคลื่อนไหวต่างๆ เพราะในการเล่นกีฬาเทนนิสจะต้องมีการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ของร่างกายอยู่ตลอดเวลา มีการกระโดด การเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า และการเคลื่อนที่ไปด้านหลัง สอดคล้องกับชู (Chu, 2004) ถ้าไม่มีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ก็ไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ได้ เพราะว่าเมื่อเราเคลื่อนที่แล้วก็จะไม่มีทางที่เราจะหยุด หรือต้านแรงต้านทานของโลกได้ ถ้าไม่ใช้การทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ซึ่งการที่เราเดินจะมีแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำที่ตัวเราประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักตัวเรา และเมื่อเราวิ่งจะมีแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำที่ตัวเราประมาณ 5 เท่าของน้ำหนักตัวเรา ในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทำงานแบบความยาวลดลง และกีฬาเทนนิสมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทาง ต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย ดังนั้นการฝึกโดยใช้แรงต้านที่นำมาเป็นส่วนหนึ่งของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกนั้นจะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อและความมั่นคงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสำคัญต่อการป้องกันการบาดเจ็บอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้โปรแกรมในการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เป็นตัวแปรที่สำคัญในการฝึก เพราะถ้ามีโปรแกรมที่ดี เหมาะสมกับการฝึก ก็จะสามารถพัฒนานักกีฬาไปสู่ความเป็นเลิศได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาโปรแกรมการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก โดยใช้การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย เพื่อประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกไปใช้ในนักกีฬาเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นเลิศ และนำไปสู่การเป็นนักกีฬาเทนนิสอาชีพได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกทำให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชาย
2. ระยะเวลาในการวิจัย 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน โดยทำการฝึกในวันอังคาร และวันศุกร์ สำหรับกลุ่มที่1 และกลุ่มที่2 จะทำการฝึกในวันอังคาร และวันศุกร์ระหว่างเวลา 15.00-16.30 น.
3. ตัวแปรที่ใช้ศึกษาค้นคว้า

3.1 ตัวแปรต้น (Independent variable) คือ โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่ โปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก โปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา ความคล่องแคล่วว่องไว

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก (Combined eccentric training and concentric training) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลง โดยสามารถต้านและเอาชนะน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric training) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นโดยสามารถต้านน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (มีน้ำหนักมากระทำเฉพาะย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา)

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา (Leg muscular fitness) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาในการทำงานเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆ ได้แก่

- **ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว** (Leg muscular strength per body weight) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง แล้วนำค่าที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัว

- **ความเร็ว** (Speed) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ในเวลาอันสั้น ซึ่งเกิดจากการประสานหน้าที่อย่างดีของระบบประสาทสั่งงานกับกล้ามเนื้อ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิ่งด้วยความเร็วในระยะทาง 10 เมตร
- **พลังกล้ามเนื้อขา** (Leg muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้พลังกล้ามเนื้อขาในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง จากท่าย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม
- **ความคล่องแคล่วว่องไว** (Agility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงในการที่จะบังคับ และเปลี่ยนทิศทาง ตลอดจนควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ด้วยความรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถนำรูปแบบการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกไปใช้ในการพัฒนาความสามารถนักกีฬาเทนนิสเพื่อความเป็นเลิศทางด้านกีฬา
2. สามารถนำรูปแบบการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมาปรับปรุงและใช้กับชนิดกีฬาอื่นๆ เพื่อพัฒนาความเป็นเลิศทางด้านกีฬาได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิส จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
2. ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิส
   2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
   2.2 ความเร็ว
   2.3 พลังกล้ามเนื้อ
   2.4 ความคล่องแคล่วว่องไว
3. ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ
4. กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา
5. แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ
6. หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ชาร์เกย์และแกสคิลล์ (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรจะสร้างความแข็งแรงให้เหมาะสมกับทักษะและรูปแบบของกีฬานั้นๆ ดังนั้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอความสัมพันธ์ของงาน (Work) กับความแข็งแรง (Strength) และอัตราเร็ว (Velocity) ไว้ดังนี้

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

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

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

ดังนั้น

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

หรือ

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

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความทนทานของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละชนิดกีฬา

3.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำจำเป็นต้องการพลังความทนทานของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance)

กีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล บาสเก็ตบอล แบดมินตัน เป็นต้น จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (Short put) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิส จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance)

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

4.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ โดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเลย์บอลมีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก เช่นเดียวกับกีฬาเทนนิสที่ต้องใช้ความไวเหมือนกัน

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด

นักกีฬาวิ่งระยะสั้นต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วที่ดีเพื่อที่จะได้ชัยชนะ แต่ในนักกีฬาวิ่งระยะไกลไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง และความไว ต้องการเพียงแค่การรักษาความเร็วให้คงที่

5. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่อยู่กับที่และในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ไม่เสียหลัก โซเซหรือวิ่งไม่ตรงทิศทาง ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกัน ระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อใน การทรงตัวแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

5.1 การทรงตัวอยู่กับขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance)

6. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะยืดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวนี้สามารถพัฒนาได้จากการฝึกความยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั่นเอง

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

ความสำคัญของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิส

จุลเกียรติ หงษา (2546) ได้กล่าวถึงสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิสว่า ในการแข่งขันหรือการเล่นกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องมีการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ การเปลี่ยนทิศทางตลอด เวลาเพื่อตีโต้ลูกบอลกลับไปยังฝ่ายตรงข้าม แต่การที่จะเคลื่อนที่เข้าไปตีลูกได้อย่างทันท่วงทีและมีประสิทธิภาพนั้น นักกีฬาจะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดี ที่สำคัญมากคือ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ เพราะกีฬาเทนนิสเป็นเกมการเล่นที่ใช้ความเร็ว จำเป็นต้องเคลื่อนที่เข้าไปหาลูกด้วยความเร็วสูงและหยุดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นฝ่ายรุกหรือฝ่ายรับ นักกีฬาก็จำเป็นต้องได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถทางสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ถ้านักกีฬามีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดีแล้ว จะทำให้นักกีฬาทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2539) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพทางกายที่ดีจะช่วยให้นักกีฬามีความสามารถในการเคลื่อนไหวและเคลื่อนที่ ปฏิบัติเทคนิคต่างๆ ได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ กีฬาทุกชนิดจำเป็นต้องฝึกสมรรถภาพทางกายเป็นพื้นฐานให้ดีก่อนทำการฝึกในขั้นต่อไป ดังที่กรมพลศึกษา (2539) ได้ให้ความหมายของสมรรถภาพทางกายคือ ความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรมเล่นกีฬา หรือการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเป็นลักษณะของร่างกายที่มีความสมบูรณ์ แข็งแรง อดทนต่อการปฏิบัติงาน มีความคล่องแคล่วว่องไว ร่างกายมีภูมิต้านทานโรคสูง ผู้มีสมรรถภาพทางกายดีมักจะเป็นผู้มีจิตใจร่าเริงแจ่มใส และมีร่างกายสง่าผ่าเผย สามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพร่างกายในทุกแบบทำให้ปฏิบัติหน้าที่และประสานงานกันอย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้น เช่นเดียวกับ ดันน์ (Dunn, 1990) ได้สรุปว่าสมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬาทุกประเภท

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อในกีฬาเทนนิสที่สำคัญได้แก่

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ทอม (Tom, 1998) ได้กล่าวว่า เทนนิสเป็นกีฬาที่ใช้เวลาเล่นที่ยาวนาน ไม่สามารถกำหนดเวลาได้ และใช้เวลาเล่นหลายวัน ดังนั้นนักกีฬาเทนนิสจึงต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดี เพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการเล่นเทนนิสได้ดีในทุกๆเกมที่แข่งขัน และสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้

ชาร์เกย์และแกสคิลล์ (Sharkey & Gaskill, 2006) ได้เสนอโปรแกรมในการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนี้

ช่วงแรกของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Beginner)

ความหนัก	50-60%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	1-2	เซต
จำนวนครั้ง	10-15	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลาง	
ความถี่ในการฝึก	1-2	ครั้งต่อสัปดาห์

ช่วงระยะสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Intermediate)

ความหนัก	60-70%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	2-3	เซต
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลางถึงเร็ว	
ความถี่ในการฝึก	2-3	ครั้งต่อสัปดาห์

ช่วงระยะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (Advance)

ความหนัก	80-100%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนเซต	2-4	เซต
จำนวนครั้ง	1-6	ครั้ง
ความเร็วในการยก	เร็ว	
ความถี่ในการฝึก	3-5	ครั้งต่อสัปดาห์

ความเร็ว

เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) กล่าวว่า องค์ประกอบสำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงความเร็วในการวิ่ง คือ ปฏิกิริยาในการตอบสนองและความสามารถในการเริ่มต้นออกวิ่ง การเร่งอัตราความเร็วจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด ความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง ความถี่หรืออัตราความเร็วในการก้าวเท้าและการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสอดคล้องกับ อัลเลอเฮลิเจน (Allerheiligen ,1994) ที่กล่าวว่า องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้นักกีฬาวิ่งได้เร็วนั้นควรประกอบไปด้วยความถี่ และความยาวในการก้าวเท้า ลักษณะและท่าทางในการวิ่ง และการฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบที่สำคัญต่างๆในการวิ่งมีดังนี้

1. ความถี่ของช่วงก้าว (Stride frequency) คือ จำนวนของช่วงก้าวที่ทำได้ในเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิ่ง โดยการปรับความถี่ของช่วงก้าวจะเกี่ยวข้องกับความสามารถที่จะลดเวลาระหว่างช่วงก้าวให้อยู่ในเวลาที่กำหนดหรือการเพิ่มความยาวของช่วงก้าว ซึ่งสอดคล้องกับ วาเดน (Warden ,1986) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การปรับปรุงความถี่ในการก้าวเท้าหรือการวิ่งจะทำให้นักกีฬาวิ่งได้เร็วขึ้นถ้าความยาวก้าวไม่ลดลง โดยความถี่ของการก้าวเท้าเป็นผลมาจากความสามารถในการยืดและ

หดตัวของกล้ามเนื้อและกระบวนการทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้อ ความถี่ของช่วงก้าวอาจจะพัฒนาโดยการฝึกเสริมความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความเร็วเชิงเส้นตรง เช่นการวิ่งลงเนินและการวิ่งลากถ่วงน้ำหนัก

2. ความยาวช่วงก้าว (Stride length) คือระยะทางที่ครอบคลุมในหนึ่งช่วงก้าว

3. ท่าทางการวิ่ง (Form and form running) ท่าทางที่ถูกต้องและเหมาะกับการวิ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ของระบบประสาท โดยเรียนรู้ที่ความเร็วซ้ำๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นการสั่งงานของระบบประสาทก่อน (60-75 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วสูงสุด) และคอยเพิ่มความเร็วสู่ความเร็วสูงสุด ท่าทางการวิ่งและการฝึกที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่ควรได้รับจากการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำการวิ่งเพื่อเป็นการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการวิ่งให้เกิดการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระและมีระบบแบบแผนมากยิ่งขึ้น

4. การฝึกความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic capacity) ซึ่งการฝึกความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นความสามารถที่กระทำได้ด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดหรือเกือบสูงสุดโดยเหมาะสมกับนักกรีฑาโดยเฉพาะระยะทาง 100 เมตรหรือแม้กระทั่งในกรีฑาประเภทลาน เช่น ในนักกีฬาทุ่มน้ำหนัก

ดังนั้นหากนักวิ่งระยะสั้นหรือผู้ฝึกสอนได้มีการตระหนักถึงความสำคัญขององค์ประกอบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาก็สามารถที่จะช่วยพัฒนาความเร็วในการวิ่งได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับ วินนิกและ ชอร์ท (Winnick and Short, 1985) ที่กล่าวว่า ความเร็วสามารถพัฒนาได้โดยการเพิ่มแรงในการยืดเหยียดตัวของกล้ามเนื้อ ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงและความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อและการเพิ่มพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยจุดมุ่งหมายของการฝึกควรเน้นการพัฒนาระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า องค์ประกอบเบื้องต้นของความเร็วทางสรีรวิทยามีดังนี้

1. จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสีของกล้ามเนื้อ คือ กล้ามเนื้อสีขาว (White fiber) และ กล้ามเนื้อสีแดง (Red fiber) กล้ามเนื้อสีแดงเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานทนทานทำให้ออกแรงได้ระยะนานแต่กล้ามเนื้อสีขาวมีความไวต่อการกระตุ้นทำงานได้สั้นๆ

2. ระบบประสาท อิทธิพลของระบบประสาทจำเป็นต่อความเร็ว เพราะช่วยให้ตัดสินใจเร็ว เคลื่อนไหวได้เร็ว

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จำเป็นในกีฬาที่อาศัยความเร็วเมื่อต้องการออกแรงเอาชนะความต้านทานสูงๆ (น้ำหนักร่างกายของตนเอง) เช่น กีฬาประเภทกระโดดหรือเมื่อมีน้ำหนักมาถ่วงเพิ่ม (น้ำหนักของแรงต้าน) เมื่อออกแรงต้านทานสูงจะทำให้ความเร็วลดลง การฝึกความเร็วจึง

ควรฝึกความแข็งแรงในอัตราส่วนที่พอเหมาะเท่านั้นเพราะความเร็วจะลดลงหากต้องต้านทานแรงถ่วงหนักๆ

ทฤษฎีและหลักในการฝึกความเร็ว

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้ให้ความสัมพันธ์ของความเร็ว (speed) กำลัง (power) และแรง (force) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Power = Force (strength) x Velocity (speed)

$$= \frac{\text{Force x Distance}}{\text{Time}}$$

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

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) สรุปว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อความเร็ว ซึ่งปัจจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้คือ

1. ความยาวของกล้ามเนื้อ

เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีความยาวเป็น 2 เท่าของเส้นใยกล้ามเนื้ออีกเส้นหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติภายในกล้ามเนื้อเหมือนกัน จะสามารถหดตัวได้สั้นเป็น 2 เท่าของการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่สั้นกว่า (ในเวลาเดียวกัน) ดังนั้นกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยยาวจึงได้เปรียบทางด้านความเร็วมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยสั้น นอกจากนั้นเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ขนานกับแนวของมัดกล้ามเนื้อ ยังเพิ่มข้อได้เปรียบทางด้านความเร็วอีกด้วย

2. แรง และอัตราเร่ง

ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันกล่าวว่าอัตราเร่งของวัตถุได้สัดส่วนกับแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว หมายความว่าเมื่อแรงเพิ่มเป็น 2 เท่า อัตราเร่งก็จะเพิ่มเป็น 2 เท่า ดังนั้นนักวิ่งจะเพิ่มอัตราเร่งโดยการเพิ่มแรงของเท้าที่ใช้ยันพื้นที่วิ่ง

3. ผลของกำลังสอง

กฎนี้เกี่ยวกับแรงที่เป็นลบ คือ กฎนี้กล่าวว่าความต้านทานของอากาศ และน้ำจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับความเร็วกำลังสอง ถ้าความเร็วของร่างกายเพิ่มเป็น 2 เท่า ความต้านทานจะเพิ่มเป็น 4 เท่า และถ้าเพิ่มความเร็วเป็น 4 เท่า ความต้านทานจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 16 เท่า

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรง

ได้มีการแสดงจากการวิจัยว่า แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง เมื่ออัตราของการหดสั้นเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้แรงมากที่สุดเมื่อความเร็วของการหดตัวเป็นศูนย์ (คือการหดตัวชนิดไอโซเมตริก) ในทำนองเดียวกันกล้ามเนื้อจะหดตัวได้ความเร็วมากที่สุดเมื่อไม่มี

ความต้านทานเลย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เมื่อมีความต้านทานกล้ามเนื้อจะหดตัวด้วยความเร็วน้อยลง

5. อายุ และเพศ

ในผู้ชายความเร็วจะเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 21 ปี ความเร็วสูงสุดจะคงอยู่ 3-4 ปี หลังจากนั้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้นความเร็วจะค่อย ๆ ลดลงด้วยอัตราคงที่

6. อุณหภูมิ

นักวิจัยพบว่าความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อโดยการออกกำลังกายเพื่ออบอุ่นร่างกายเป็นวิธีที่ดีที่สุด

7. ลักษณะรูปร่างของร่างกาย

ผู้ที่เหมาะในการวิ่งน่าจะเป็นผู้ที่มีความสูงขนาดกลาง และมีรูปร่างอยู่ในระหว่างคนผอมและคนขนาดกลาง หรือจัดอยู่ในพวกที่เรียกว่า Meso - ectomorphs อย่างไรก็ดีมีข้อยกเว้นอยู่บ้าง

8. ความแข็งแรง

ความแข็งแรง และความเร็วจะมีความสัมพันธ์กันน้อย ถ้าเป็นการเคลื่อนไหวที่มีความต้านทานน้อย แต่เมื่อความเร็วของการเคลื่อนไหวที่มีความต้านทานมาก ความแข็งแรงมีส่วนเกี่ยวข้องอยู่มาก ทั้งมีหลักฐานว่าความแข็งแรงที่พัฒนาได้จากการฝึกชนิดไอโซโทนิกจะเกี่ยวข้องกับความเร็วมากกว่าการฝึกไอโซเมตริก

9. ความอ่อนตัว

เป็นที่ทราบกันว่า การจำกัดความอ่อนตัว (น้อยกว่าปกติ) ของบริเวณตะโพก และต้นขาจะทำให้ความเร็วในการวิ่งลดลง เพราะการขัดขวางจากกลุ่มกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้ามเพิ่มมากขึ้นในช่วงที่การเคลื่อนไหวเกือบจะสุด เช่นการเหยียดเกือบจะเต็มที่

10. ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความเร็วภายใต้สภาวะต่างกัน

10.1 การเคลื่อนไหวอย่างง่ายที่มีความต้านทานน้อย

ความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดภายในกล้ามเนื้อเองเป็นปัจจัยที่จำกัดความเร็วส่วนการร่วมงานกันของกล้ามเนื้อโดยอาศัยระบบประสาท และแรงกล้ามเนื้อมีความสำคัญรองลงไป

10.2 การเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนที่มีความต้านทานน้อย

การร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหวชนิดต่าง ๆ เป็นตัวจำกัดความเร็วของการเคลื่อนไหว

10.3 การเคลื่อนไหวซับซ้อนที่มีความต้านทานมาก

การร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเร็ว

11. กลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย และความเร็วในการวิ่ง

จากการวิเคราะห์โดยการถ่ายรูปแสดงว่า การวิ่งระยะสั้นที่มีประสิทธิภาพนั้น มีการยกหัวเข่าสูง ช่วงก้าวยาวและวางเท้าลงในตำแหน่งที่อยู่ใต้จุดศูนย์ถ่วงของผู้วิ่ง สิ่งที่มีความสำคัญในการวิ่งก็คือแรงขับต้องตรงไปข้างหน้า ขาควรเคลื่อนไหวตรงไปข้างหน้าและข้างหลัง แขนและไหล่ควรเคลื่อนไหวในแนวที่จะดึงร่างกายให้เหมาะสมไปทางที่ร่างกายต้องการ และมุมของการพุ่งของร่างกาย (ที่ทำกับพื้น) ควรจะเหมาะสม เพื่อที่ให้ได้ความเร็วมากที่สุด

พลังกล้ามเนื้อ

ในการแข่งขันกีฬานั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนากล้ามเนื้อของตน เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขันซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬา บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง (Landing/reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด นักกีฬาจำเป็นต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกายในขณะลงสู่พื้น และสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่ตามมานั้นได้อย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตาม

พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80-100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทดงานแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมต่างๆ และกีฬาที่แร็คเก็ต (Racket) เช่น กีฬาเทนนิส

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม - พุ่ง - ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิด ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take - off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่มีการกระโดดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อ

ตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งยอตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลงและมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้นๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทาง ต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมากจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber) ด้วยกันทั้งสิ้น

ทอม (Tom, 1998) กล่าวว่า เทนนิสเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลังมากในการเล่นเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการเคลื่อนที่เข้าหาลูกเทนนิส ในการออกตัวเพื่อเอาชนะแรงเฉื่อย พลังของกล้ามเนื้อในการเล่นกีฬาเทนนิสจะถ่ายโยงจากพลังกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย (Lower body power) ไปสู่ส่วนบนของร่างกาย (Upper body) ตัวอย่างเช่น การตีลูกหน้ามือจะมีการถ่ายน้ำหนักจากส่วนล่างของร่างกายไปสู่ส่วนบนเพื่อให้ออกแรงในการตีได้มากที่สุด

วิค และคณะ (Wilk and others, 1993) กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือศักยภาพของนักกีฬาโดยมีพื้นฐานอยู่ที่ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาอันสั้นที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญ คือ ความแข็งแรง และความเร็วที่จะส่งผลให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมอีก 3 ประการคือ

1. การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม
2. การประสานงานกันที่ดีระหว่างระบบประสาท และกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว
3. ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ

โอ'เช (O'shea, 2000) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยสร้างขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว ข้อได้เปรียบของการมีพลังกล้ามเนื้อก็คือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงจะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการแข่งขันกีฬา เมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมด พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงสุดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมากจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ

พลังระเบิดกล้ามเนื้อ (Explosive muscular power) หมายถึงพลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกแรงเต็มที่ของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง โดยปัจจัยที่จะให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อมากที่สุดนั้นจะต้องใช้ระยะเวลาในการออกแรงสั้นๆ

นิวตันและเครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ หมายถึง การที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการแสดงความสามารถในกิจกรรมที่ต้องการการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด ในขณะที่พยายามออกแรงเพื่อจะให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นมากที่สุด จะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรง และเร่งความเร็วในระยะเวลาอันสั้น

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้เสนอแนะการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดกล้ามเนื้อ คือ

1. ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (Slow velocity strength)
2. ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (High velocity strength)
3. อัตราพัฒนาแรง (Rate of force development)
4. วงจรเหยียดตัวออก – หดตัวสั้นลง (Stretch – shortening cycle)
5. การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่รวมการทำงาน และทักษะของการเคลื่อนไหว (Intermuscular coordination)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป จึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้นยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีฝึกแบบต่างๆเข้าด้วยกัน ไม่ใช่การฝึกด้วยน้ำหนัก หรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

ในการพัฒนากล้ามเนื้อของคนที่ยังไม่เคยฝึกมาก่อน การฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูงจะให้ประโยชน์มากกว่าในคนที่เคยฝึก หรือนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้ว

โอ'เช (O'shea, 2000) ได้ให้ข้อเสนอว่า ในการพัฒนาความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อโดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น จะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (Athletic-type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนช (Power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (Power clean) ท่าพูล (Pulls) และท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Squat) ซึ่ง

ล้วนเป็นท่าฝึกที่ใช้การยืนเป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก คุณค่าของการใช้ท่าเหล่านี้คือ ความสามารถที่จะเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการ ขี่จักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด พุ่ง ทุ่ม ขว้าง และตี โดยที่กล้ามเนื้อออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาแต่ละชนิด ซึ่งท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานั้นจะพัฒนาระบบประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiologic system) และระบบประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological system) ซึ่งหาไม่ได้จากการฝึกเพาะกาย หรือการฝึกโดยใช้เครื่องมือฝึกด้วยน้ำหนักทั่วๆไป

นอกจากนั้นยังได้แบ่งกล้ามเนื้อออกเป็น สามกลุ่มด้วยกัน คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟ (Slow twitch oxidative)
2. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟ (Fast twitch oxidative) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่อดทนต่อความเมื่อยล้า (Fast twitch fatique resistant)
3. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบกลัยโคลัยติก (Fast twitch glycolytic) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่เมื่อยล้าได้ง่าย (Fast twitch fatique)

ฮัยดอค (Hydock, 2001) ได้เสนอแนะว่า การพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ สามารถใช้ท่ายกน้ำหนักมาเป็นท่าฝึกได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้จะต้องยกด้วยความเร็วสูง

คาร์พ (Karp, 2001) ได้ให้ความเห็นว่า เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าในขณะที่กล้ามเนื้อทำงานอย่างรวดเร็ว เมื่อการทำงานอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

เบเกอร์ (Baker, 2001) กล่าวว่า ความหนักที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีสองลักษณะคือ

1. จำนวนครั้งที่ยกได้มากที่สุด (Repetition maximum)
2. เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (% of 1RM)

ส่วนความหนักที่ใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็อาจใช้ในลักษณะเปอร์เซ็นของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด ดังนั้นความหนักที่ใช้ในการฝึกก็คือ ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ทำได้สูงสุด

ในการฝึกโดยใช้แรงต้านที่นำมาเป็นส่วนหนึ่งของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกนั้นจะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อและความมั่นคงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสำคัญต่อการป้องกันการบาดเจ็บอีกด้วย

ความคล่องแคล่วว่องไว

จุลเกียรติ หงษา (2546) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาเทนนิส คือ ความสามารถของนักกีฬาเทนนิสที่จะเปลี่ยนทิศทางหรือการเคลื่อนที่และเปลี่ยนทิศทางได้อย่างรวดเร็ว

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ต้องอาศัยความสามารถขั้นพื้นฐานคือ มีปฏิกิริยาที่รวดเร็ว การเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว และการร่วมงานกันของกล้ามเนื้อ ต้องพยายามพัฒนาให้เกิดการร่วมงานกันในการเคลื่อนไหวที่เป็นแบบหนึ่งแบบใดที่จำเป็นในการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬาชนิดนั้น การเคลื่อนไหวในระยะต้นเป็นการเคลื่อนไหวที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ และเริ่มที่สมองส่วนซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ (Cerebral cortex) แต่เมื่อได้มีการเคลื่อนไหวแล้ว อัตราเร็ว แรง ช่วงการเคลื่อนไหว ทิศทาง และการสิ้นสุดการเคลื่อนไหวจะต้องถูกปรับและการควบคุมที่ระดับนอกอำนาจจิตใจนั้นเกิดขึ้นที่ก้านสมอง และไขสันหลัง ดังนั้นการเคลื่อนไหวทั้งหมดจึงเป็นการทำงานร่วมกันของสมอง เมื่อมีการเรียนรู้กิจกรรมทางด้านทักษะการเคลื่อนไหว เช่น การเล่นเทนนิสผู้เรียนจะเริ่มด้วยการตระหนักถึง การเคลื่อนไหวที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง การตระหนักนี้เกิดขึ้นเมื่อได้มีการปฏิบัติซ้ำๆ กันและมีการสร้างแบบฉบับของการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องที่มีชื่อเฉพาะว่าเอนแกรม (Engram) ไว้บริเวณที่เก็บความจำของสมอง (คอร์เทกซ์ที่รับความรู้สึก) ในการตีเทนนิสแต่ละครั้ง คำสั่งที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจจะส่งออกไปจาก ซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ แล้วข้อมูลป้อนกลับจากรีเซปเตอร์ที่รับความรู้สึก ที่สำคัญคือโปรปริโอเซปเตอร์ (Proprioceptor) จะช่วยปรับการตอบสนองทางด้านยนต์ ให้เข้ากันได้กับความจำที่เก็บไว้ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้ ถือได้ว่าเป็นความผิดพลาด จึงต้องมีการปรับปรุงการตอบสนองทางด้านยนต์ในการกระทำครั้งต่อไป เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดซ้ำอีก ชนิดของการตอบสนองทางด้านยนต์นั้นขึ้นอยู่กับบริเวณจำเพาะของคอร์เทกซ์ทางด้านยนต์ (Motor cortex) ที่จะส่งกระแสประสาทออกไปยังสมองที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวในตอนต้นแต่ละครั้ง คือระบบพารามิดัล (Paramidal) ลงไปสู่ไขสันหลังแล้วส่งลงไปยังกล้ามเนื้อของมือ แขน ขา และลำตัว เมื่อขบวนการได้เรียนรู้แล้วก็จะดำเนินต่อไป การควบคุมการเคลื่อนไหวนั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนจากระบบพารามิดัล ไปสู่ระบบเอ็กซ์ตร้าพารามิดัล โดยจะทำหน้าที่ให้เกิดแบบฉบับของการเคลื่อนไหวทั่วๆ ไปที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ขั้นสูงเมื่อทางเดินของระบบประสาทเอ็กซ์ตร้าพารามิดัลได้ถูกพัฒนาด้วยการปฏิบัติกิจกรรม ผู้เล่นเทนนิสก็จะไม่มีความรู้สึกถึงรายละเอียดของการเคลื่อนไหวของตัวเองในการตีลูกเทนนิสอีกต่อไป ดังนั้นเมื่อมีความชำนาญแล้ว ผู้เล่นจึงสามารถมุ่งความสนใจยังกลวิธีของเกมได้ โดยไม่ต้องพะวงกับการจับแรคเก็ตหรือการเตรียมท่าทางของแขนและขาสำหรับตีลูกเทนนิส และซีรีเบลลัมกับการควบคุมการเคลื่อนไหว เมื่อผู้เล่นเทนนิสใช้ซีรีบรัล-คอร์เทกซ์ ทางด้านยนต์ในขณะที่เริ่มเสิร์ฟลูกเทนนิส หลังจากนั้นจะมีการทำงานของระบบประสาทต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่โดยกระแสประสาทจะลงมาจากระบบพารามิดัลและเอ็กตร้าพารามิดัล เพื่อลงไปสู่กล้ามเนื้อ ในขณะเดียวกันก็จะส่งไปที่ซีรีเบลลัมด้วย ในขณะที่มีการเคลื่อนไหวนั้น โปรปริโอเซปเตอร์ (Prorpiocepter) เหล่านี้จะส่งกระแสประสาทขึ้นไปที่ซีรีเบลลัม-คอร์เทกซ์ ที่รับความรู้สึก

ด้วย เพื่อรายงานว่ากล้ามเนื้อกำลังทำอะไรอยู่ นอกจากนั้นยังมีอินพุท (Input) เมื่อมีการเริ่มตี อินพุทที่ส่งไปยังซีรีเบลลัม จะคาดการณ์ถึงตำแหน่งของแขนขาเมื่อมีการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าเพื่อที่จะ ให้ได้การเคลื่อนไหวตามต้องการ ซีรีเบลลัมจะต้องเริ่มส่งสัญญาณที่ทำให้มีการยับยั้งของกล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน (Agonists) และช่วยเร่งกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonists) เพื่อทำให้การเคลื่อนไหวหยุดลงเมื่อถึงเป้าหมาย การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับสมดุลและการทรงตัวนั้น จะต้องทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดกับรีเซปเตอร์ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว เวลาที่ใช้ตั้งแต่มีการกระตุ้นรีเซปเตอร์ให้รับความรู้สึก จนถึงกล้ามเนื้อมีการหดตัว ซึ่งการตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้นเรียกว่า เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) เวลาปฏิกิริยานี้ต้องอาศัยทางเดินที่นำกระแสประสาทจากรีเซปเตอร์ขึ้นไปสู่สมองส่วนที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ โดยการผ่านเซลล์ประสาทหลายตัวแล้วจึงส่งลงมายังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยานั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเวลาการตอบสนองทั้งหมด(Response time) ซึ่งประกอบด้วย เวลาปฏิกิริยาร่วมกับการเคลื่อนไหว (Movement time) ซึ่งเป็นเวลาที่เริ่มจากการเคลื่อนไหวครั้งแรกจนถึงการสิ้นสุดการเคลื่อนไหว

ทอม (Tom, 1998) กล่าวว่า นักกีฬาเทนนิสที่มีความคล่องแคล่วว่องไวที่ดี ย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้อย่างมาก ทั้งในการเคลื่อนที่เข้าหาลูก และการเปลี่ยนทิศทางในตำแหน่งที่ยืนอยู่

การเปลี่ยนทิศทางในกีฬาเทนนิสมีอยู่สี่ทิศทาง ดังนี้

1. ด้านหน้า
2. ด้านหลัง
3. ด้านซ้าย
4. ด้านขวา

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว

จุลเกียรติ หงษา (2546) กล่าวว่า หลักในการฝึกเพื่อเป็นพื้นฐานของความคล่องแคล่วว่องไวต้องอาศัยความสามารถพื้นฐาน ได้แก่ ปฏิกิริยาที่รวดเร็ว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกับระบบประสาท การเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีความสำคัญในการแข่งขันกีฬา เช่น กีฬาเทนนิสต้องมีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือทิศทางการเคลื่อนที่ของร่างกายหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ออกตัวได้เร็ว หรือหยุดได้เร็วและเปลี่ยนทิศทางได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะต้องฝึกและปฏิบัติการเคลื่อนไหวนั้นๆ อย่างถูกต้องซ้ำแล้วซ้ำเล่าและด้วยความเร็วสูงโดยไม่เหนื่อยล้า ซึ่งสอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไวนั้นรวมถึง ความเร็ว กำลัง การประสานการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งมีความสำคัญในการทำกิจกรรมทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนตำแหน่งของร่างกายหรือส่วนหนึ่ง

ส่วนใดของร่างกายได้โดยรวดเร็ว ออกตัวได้เร็ว หยุดได้เร็ว การกลับตัวได้เร็ว และเปลี่ยนทิศทางได้รวดเร็ว

บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวไว้ว่า ความคล่องแคล่วว่องไวประกอบด้วยสี่ส่วนด้วยกันคือ ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อทุกส่วน โดยที่ทั้งสี่ส่วนนี้จะทำงานสนับสนุนซึ่งกันและกัน

การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกในส่วนที่เป็นองค์ประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

1. การทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ

ต้องพยายามให้เกิดการทำงานร่วมกัน ในการเคลื่อนไหวที่เป็นแบบหนึ่งแบบใดที่จะเป็นสำหรับกิจกรรมนั้นๆ นั่นคือการฝึกซ้อมตามแบบเฉพาะแต่ละชนิดกีฬานั่นเอง เพื่อให้นักกีฬาได้เกิดความเคยชินกับรูปแบบการเคลื่อนไหวหรือท่าทางในการเคลื่อนที่ในรูปแบบชนิดกีฬานั้นๆและสามารถแสดงศักยภาพออกมาได้อย่างเต็มที่ในขณะทำการแข่งขัน

2. พลังกล้ามเนื้อ

พลังกล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไว ถ้าพลังกล้ามเนื้อไม่ดี การควบคุมแรงเฉื่อยของร่างกายจะเป็นไปไม่ได้ดี ตัวอย่างเช่น ในการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วย่อมต้องการกำลังอย่างมาก เพื่อทำให้ร่างกายหยุดหรือเพื่อทำให้ร่างกายเปลี่ยนทิศทาง และในการพุ่งตัวออกไปข้างหน้าหรือการเร่งความเร็วซึ่งอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ ก็ย่อมต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วด้วย

3. เวลาปฏิกิริยา

เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหวที่ตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นนั้นมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว การตอบสนองอย่างรวดเร็วในสถานการณ์การแข่งขันกีฬาหรือการเคลื่อนไหวของฝ่ายตรงข้ามนั้นยิ่งเราตอบสนองได้รวดเร็วเท่าใดนั้นทำให้เราเกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน และแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างทันท่วงที

4. ความอ่อนตัว

การที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวมากย่อมหมายถึงการที่กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวราบเรียบและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวดีนั้นยังช่วยลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาหรือการแข่งขันได้ด้วย

การฝึกด้วยน้ำหนักเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้นักกีฬามีความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อโดยสามารถกำหนดความหนัก จำนวนครั้ง จำนวนชุด และจำนวนวันที่ฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้ โดยได้กำหนดความหนักสูงสุดคือ 1RM (Repetition maximum) ซึ่งเป็นน้ำหนักสูงสุดที่ทำได้เพียงหนึ่งครั้งและไม่สามารถทำต่อได้อีก การเพิ่มพลังกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยน้ำหนักยังมีการหดตัวของ

กล้ามเนื้อ ความหลากหลายในเรื่องของความเร็วในการหดตัว ตามโปรแกรมและช่วงของการฝึก และความหลากหลายในเรื่องของเครื่องมือที่ใช้ในการฝึก ความหลากหลายในระยะการฝึกตามแผนการฝึก จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการฝึกมากขึ้น

หลักของความแตกต่างของบุคคล (Principle of individualization) คือ ความแตกต่างระหว่างบุคคลในการฝึก ที่จะต้องคำนึงถึง คือระดับความสามารถของแต่ละบุคคล และพื้นฐานของการฝึกในแต่ละบุคคล ดังนั้นการฝึกในแต่ละบุคคลแม้จะเล่นกีฬาชนิดเดียวกัน การฝึกก็อาจไม่เหมือนกัน

หลักของความเฉพาะเจาะจง (Principle of specificity) คือ การฝึกจะต้องมีความเฉพาะเจาะจงที่จะพัฒนาความแข็งแรงในชนิดกีฬานั้นๆจึงต้องเลือกโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงให้เหมาะสมต่อกิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือทักษะกีฬาซึ่งควรพิจารณาดังนี้ คือ ระบบพลังงานหลักที่ต้องใช้ในชนิดกีฬานั้นๆ การเลือกฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ จะต้องให้สอดคล้องตรงกับการใช้พลังงาน เช่น การเลือกฝึกเพื่อที่จะใช้ในกีฬาที่ใช้ความเร็ว เช่น วิ่ง ฟุตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส ก็จะต้องฝึกพลังกล้ามเนื้อเป็นหลักให้ตรงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้งาน

หลักของการเพิ่มน้ำหนักแบบก้าวหน้าในการฝึก (Principle of progressive increase of load training) คือ ความก้าวหน้าของการเพิ่มน้ำหนักในการฝึก เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวางแผนการฝึกของนักกีฬา ซึ่งควรคำนึงถึงระดับความสามารถของนักกีฬาแต่ละคนด้วย

การฝึกระบบกล้ามเนื้อ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากล้ามเนื้อให้มีความแข็งแรงสามารถทำงานต้านแรงหรือออกแรงกระทำต่อแรงภายนอกได้ พัฒนากล้ามเนื้อให้เกิดพลัง คือ กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และออกแรงกระทำต่อภายนอกได้ พัฒนาความอดทน คือ กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้เป็นเวลานานหรือสามารถทำงานได้เป็นจำนวนครั้งมากๆ การพัฒนาความอ่อนตัว คือ การที่กล้ามเนื้อสามารถยืดหยุ่นได้ตามการเคลื่อนไหวตามการเคลื่อนที่ และพัฒนาความสัมพันธ์ คือ สามารถทำงานประสานกับอวัยวะอื่นได้ดี เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อ มือกับการมองเห็นกล้ามเนื้อขากับการได้ยิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ

วิลมอร์ (Willmore, 1999) ได้มีการจำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยพิจารณาจากลักษณะงานที่ทำในแง่ของสรีรวิทยา ซึ่งแต่เดิมพิจารณาจากสีของเส้นใยกล้ามเนื้อ โครงร่าง หรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายมี 3 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ ชนิดที่ 1 (Type I) และเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิด 2 เอ และชนิด 2 บี (Type IIa และ Type IIb) ตามลำดับ จำแนกตามลักษณะการทำงานของทั้ง 3 ชนิด คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวช้าและต้องใช้ออกซิเจนในการหดตัว (Slow oxidative fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสโอ (SO fiber) หรือ เอสที (ST fiber)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็วและต้องใช้ออกซิเจนรวมทั้งกูลโคสในการหดตัว (Fast oxidative glycolytic fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟโอจี (FOG fiber) หรือ เอฟทีเอ (FTa fiber)

3. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่าง หรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็วและต้องใช้กลูโคสช่วยในการหดตัว (Fast glycolytic fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟจี (FG fiber) หรือ เอฟทีบี (FTb fiber)

แลมป์ (Lamp, 1984) กล่าวว่า เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างแบบเอสที ความสามารถในการผลิตพลังแบบแอโรบิกได้สูง ทั้งนี้เพราะว่าเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที มีจำนวนของไมโตคอนเดรียในจำนวนมาก ตลอดจนมีเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรตนี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเข้ามาช่วย เนื่องจากบริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที มีเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสทีมีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นที่บริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างลายหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที จึงมีออกซิเจนจำนวนเพียงพอสำหรับการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรต

เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที ไม่มีความสามารถในการผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิก หรือพลังงานที่ช่วยให้กล้ามเนื้อโครงร่าง หรือลายหดตัวอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะว่าเส้นใยกล้ามเนื้อของโครงร่างหรือลายแบบเอสที มีไกลโคลเจนสะสมอยู่น้อยมาก ตลอดจนมีความสามารถน้อยในการที่จะสร้างพลังงานโดยการแตกสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก

สรุปชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่มีทั้งเส้นใยเอสที และเอฟที

2. ชนิดของเส้นใยต่างกันจะมีเอทีพีเอส (ATP ase) ต่างกันด้วยเอทีพีเอส ในเส้นใยเอฟทีมีปฏิกิริยาเร็วกว่า ให้พลังงานเร็วกว่าน้ำย่อย เอทีพีเอสในเส้นใยเอสที

3. เส้นใยเอฟที มีการพัฒนาชั้นสูงของซาร์โคพลาสมิกเร็คติคูลัม เพื่อเพิ่มพูนการขนส่งแคลเซียมที่ต้องการในการทำงานของกล้ามเนื้อ

4. เซลล์ประสาทมอเตอร์ที่หน่วยมอเตอร์เส้นใยเอฟทีใหญ่กว่าและส่งกระแสไปยังเส้นใยได้มากกว่าหน่วยมอเตอร์ของเส้นใยเอสที จึงทำให้เส้นใยเอฟทีหดตัวได้อย่างมากและให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าเส้นใยเอสที

5. สัดส่วนของเส้นใยเอสทีและเอฟที ในแขนและขาของมนุษย์จะคล้ายคลึงกันมาก

6. เส้นใยเอสที มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ยาวนานและเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้อดทน และความหนักต่ำๆ

7. เส้นใยเอฟทีบี มีความเหมาะสมกับกิจกรรมหนักๆที่ไม่ใช้ออกซิเจน

8. เส้นใยเอฟทีเอ เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบพลังระเบิด

ในการทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งเราสามารถแบ่งกลุ่มของกล้ามเนื้อตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

1. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (Agonistic or Prime movers) ได้แก่ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เฉพาะในการหดตัวและเกิดการเคลื่อนไหวอย่างแท้จริงจะเกิดขึ้นใกล้ๆ กับจุดที่กล้ามเนื้อเกาะอยู่

2. กล้ามเนื้อที่ทำงานตรงกันข้าม (Antagonist) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หย่อนหรือคลายตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกหดตัว หรือหดตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกคลายตัว

3. กล้ามเนื้อที่อยู่กับที่ (Fixation muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยตรึงส่วนต้นของกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวให้อยู่กับที่ ฉะนั้นเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มนั้นหดตัวก็จะมีการเคลื่อนไหวเฉพาะอีกปลายหนึ่งเท่านั้น

4. กล้ามเนื้อที่ร่วมทำงาน (Synergists) คือ กล้ามเนื้อที่ช่วยควบคุมหรือบังคับข้อต่อต่างๆ ไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหว ที่ไม่จำเป็นในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวกำลังทำงานอยู่

การทำงานของกล้ามเนื้อ (Types of muscle action)

การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลาย แบ่งออกเป็นได้เป็น 4 ชนิด คือ (Lamb, 1984)

1. การทำงานแบบไอโซเมตริก (Isometric muscle action)

2. การทำงานแบบไอโซโทนิก (Isotonic muscle action)

3. การทำงานแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic muscle action)

4. การทำงานแบบคอนเซ็นตริก และเอ็คเซ็นตริก (Concentric muscle action และ Eccentric muscle action)

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก

การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดนี้เป็นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความยาว (หรือถ้าเปลี่ยนก็เปลี่ยนน้อยมาก) ของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายที่หดตัว อย่างไรก็ดีการตึงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะมากขึ้น

ด้วยเหตุนี้การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบไอโซเมตริก จึงไม่ทำให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหว ซึ่งผลก็คือ ทำให้ไม่มีงานเกิดขึ้นในแง่ของฟิสิกส์ เนื่องจากไม่มีระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือลายแบบไอโซเมตริกยังจะเกิดขึ้น ในช่วงสั้นๆ ของการเล่นกีฬาบางประเภท เช่น ในระหว่างช่วงต้นของการกระโดดค้ำ หรือในขณะที่นักยิมนาสติกอยู่บนราวคู่ เป็นต้น

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิก

การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดนี้ เป็นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่าง หรือลายที่มีการเปลี่ยนแปลงมุมในข้อต่อที่เกี่ยวข้องในลักษณะที่มีน้ำหนักคงที่ใช้สำหรับเป็นส่วนประกอบ ซึ่งน้ำหนักคงที่ ได้แก่ น้ำหนักของผู้ฝึก น้ำหนักของดัมเบลล์ และน้ำหนักของบาร์เบลล์ เป็นต้น

คำว่า ไอโซโทนิก หมายถึง การตึงตัวที่เท่ากัน (Equal tension) แต่การตึงตัวที่เท่ากันนี้ไม่ได้หมายความถึงการตึงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลาย เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะมีการตึงตัวต่างกันที่มุมต่างๆ ของข้อต่อซึ่งมีการเคลื่อนไหวตามน้ำหนักจากภายนอกที่มีค่าคงที่ เพราะฉะนั้นการตึงตัวที่เท่ากันหมายถึง การตึงตัวที่เท่ากันของน้ำหนักภายนอกที่มีค่าคงที่ตลอดมุมข้อต่อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว การหดตัวแบบไอโซโทนิกจะทำให้มีงานเกิดขึ้นในแง่ของฟิสิกส์ ทั้งนี้เนื่องจากมีระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติก

คำว่า ไอโซคิเนติก หมายถึงความเร็วที่เท่ากัน (Equal speed) ฉะนั้น การทำงานแบบนี้ จึงหมายถึง การที่มุมของข่อต่อเปลี่ยนด้วยอัตราความเร็วคงที่ เช่น 360 องศาต่อหนึ่งวินาที 180 องศาต่อหนึ่งวินาที เป็นต้น ซึ่งในการที่จะทำให้ความเร็วคงที่ได้นั้น ความหนักของงานหรือแรงต้านทานของการเคลื่อนไหวจะต้องเปลี่ยนที่มุมต่างๆ ของข้อต่อซึ่งสามารถที่จะปฏิบัติได้โดยการใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงมาก เช่น เครื่องมือที่เรียกว่า ไซเบคซ์ ไดนาโมมิเตอร์ (Cybex dynamometer) หรือเครื่องมืออะไรก็ตามซึ่งสามารถตั้งความเร็วของการเคลื่อนไหวได้คงที่ตลอดมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวโดยการปรับเพิ่มหรือลดความหนักของงานได้ตลอดมุมต่างๆของข้อต่อ

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และเอ็คเซ็นตริก

การหดตัวแบบไอโซโทนิก และการหดตัวแบบไอโซคิเนติกอาจจะแบ่งประเภทเป็นการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก หรือเอ็คเซ็นตริกก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายหดตัวสั้นลงหรือยาวขึ้นระหว่างการเคลื่อนไหว

ตัวอย่างการหดตัวแบบไอโซโทนิกได้แก่ การดึงข้อ เป็นต้น ในขณะดึงข้อขึ้นเส้นใยกล้ามเนื้อโครงรางหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายที่ใช้ในการงอข้อศอก ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อไบเซบส์ งอหดตัวสั้นลงและมุมของข้อศอกจะลดลงจากมุม 180 องศา ไปจนถึงบางทีเป็นมุม 15 องศาเป็นต้น การที่กล้ามเนื้อหดตัวสั้นลงนี้เรียกว่า การหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ในทางตรงข้ามเมื่อปล่อยตัวลงจากการดึงข้อ กล้ามเนื้อที่ช่วยในการงอข้อศอกจะยืดตัวยาวขึ้น การยืดตัวออกของกล้ามเนื้อไบเซบส์นี้จะทำให้มุมของข้อต่อค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งกลับคืนสู่ระดับมุม 180 องศา การที่กล้ามเนื้อยืดตัวยาวขึ้นนี้เรียกว่า การหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก

อาจสรุปได้ว่า การทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก คือ การทำงานของกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก คือ การทำงานของกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลง

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา

ไวเนค (Weineck, 1990) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่างๆของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับ ดังนี้

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย

กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)

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

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดหัวเข่า

- กล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris)
- กล้ามเนื้อเทนเซอะ ฟาสเซีย ลาเท (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hullucis longus)

- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ดิจิทอรัม ลองกัส (Flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

ไวเนค ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือการเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะหยุด ในกลุ่มกล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอริส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด มีหน้าที่เหยียดเข่า ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ เรคทัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสทัส มีเดียลิส กล้ามเนื้อวาสทัส เลทเทอราลิส และกล้ามเนื้อวาสทัส อินเตอร์มีเดียส โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอริส ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่เหยียดสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด

จากข้อสรุปของไวเนค จะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดด การเคลื่อนที่ และหยุด จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรง และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเหล่านี้ จะต้องใช้ความหนักในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานได้

พลังกล้ามเนื้อขาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งนั้น มาจาก

- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก 40%
- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า 24.2%
- กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า 35.8%

ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการเลือกท่าฝึกที่เหมาะสมกับท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

อัมเบอร์เกอร์ (Umberger, 1998) ได้สรุปกายวิภาคของขาที่แสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงสองประการ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้พลังกล้ามเนื้อขา

1. กล้ามเนื้อของขาหลายมัดที่ทอดข้ามข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อต่อ ซึ่งมีกล้ามเนื้อที่สำคัญได้แก่ เรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) แกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) แฮมสตริงส์ (Hamstring) ซึ่งประกอบด้วย เซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus) เซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus) และไบเซพส์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)

2. น้ำหนักส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ใกล้กับลำตัวซึ่งก็คือ สะโพก น้ำหนักส่วนน้อยของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวซึ่งก็คือเข่ากับข้อเท้า ดังนั้นในการทำงานของขา จึงมีการถ่ายโยงพลังจากกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณสะโพกไปยังกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณเข่าและข้อเท้า เพื่อเป็นการชดเชยลักษณะทางกายวิภาคที่ถูกกำหนดขึ้นมาตามธรรมชาติให้กล้ามเนื้อบริเวณข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวนั้นมีน้ำหนักน้อย

ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อขามัดต่างๆจะทำงานต่อเนื่องกันเริ่มจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่าและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ตามลำดับจนกว่าเท่าจะพ้นพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อดังกล่าวจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น ก่อนจะหดตัวแบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็ว

กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ทอดข้ามข้อสะโพกและเข่าทางด้านหน้า มีหน้าที่งอสะโพกและเหยียดหัวเข่า

กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ ทอดข้ามสะโพกและเข่าผ่านทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดสะโพกและงอเข่า

กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส ทอดข้ามเข่าและข้อเท้าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดข้อเท้า

ในขณะที่เริ่มต้นออกแรงเพื่อที่จะกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส จะออกแรงเพื่อเหยียดเข่า แต่เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อ จึงมีการออกแรงเพื่องอสะโพกในเวลาเดียวกัน ส่วนกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์จะออกแรงเพื่อเหยียดสะโพก ก็จะมีการออกแรงเพื่องอเข่าในเวลาเดียวกัน การทำงานเช่นนี้เป็นไปในลักษณะที่ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีความยาวลดลง ดังนั้นกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จะทำงานด้วยความเร็วต่ำ จึงเกิดแรงมาก และสามารถถ่ายโยงไปยังเข่าได้ ส่วนกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียสซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อเช่นเดียวกัน ก็จะมีการถ่ายโยงแรงไปยังข้อเท้าด้วย จากการวิเคราะห์ตามหลักชีวกลศาสตร์ พบว่าในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการรเหยียดเข่านั้น ได้รับการถ่ายโยงมาจากข้อสะโพก โดยผ่านกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส เป็นปริมาณ 21% และในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดข้อเท้านั้น ได้รับการถ่ายโยงมากจากเข่าโดยผ่านกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นปริมาณ 25%

นอกจากนั้น อัมเบอร์เกอร์ ได้เสนอแนะว่า การที่จะวัดพลังกล้ามเนื้อที่ข้อต่อแต่ละข้อนั้น คงจะไม่ถูกต้องถ้าใช้การวัดโดยให้ข้อต่อแต่ละข้อทำงานเป็นอิสระต่อกัน และให้แนวคิดที่น่าเชื่อถือว่าวิธีการฝึกที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องเลียนแบบหรือเหมือนกับกิจกรรมที่จะกระทำจริงๆ ซึ่งถ้าจะพัฒนาความสามารถในการกระโดดขึ้นไปแนวดิ่ง ก็จะต้องใช้ท่าฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อขามัดต่างๆทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ได้แก่ ท่าเพาเวอร์คลีน ท่าเพาเวอร์สแนทช์ ท่าแฮงค์คลีน หรือ พลัยโอเมตริก

เฮวาด (Heyward, 1998) ได้เสนอแนะว่า ในการทดสอบความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซคิเนติกของกล้ามเนื้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้น ให้ตั้งความเร็วของตัวหน่วงแรงที่ 30, 60 และ 30 องศาต่อวินาทีตามลำดับ

แนวคิดเกี่ยวกับการวางแผนระยะยาวของการฝึกกล้ามเนื้อ

คอนลีย์ และโรเซเนค (Conley and Rozenek, 2001) ได้สรุปว่า ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยให้แรงต้าน (Resistance training) จะสังเกตได้ชัดว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก และกล้ามเนื้อที่ทำงาน เป็นต้น แต่เนื่องจากการฝึกด้วยการใช้แรงต้านเป็นการฝึกลักษณะไม่ต่อเนื่องมีการพักเป็นระยะๆ อัตราการเต้นของหัวใจ โดยเฉลี่ยที่วัดได้ในแต่ละครั้งของการฝึกโดยใช้แรงต้าน จึงไม่สามารถแสดงความหนักในการทำงานของระบบหัวใจ และหลอดเลือดได้อย่างแม่นยำ หรืออีกนัยหนึ่งไม่สามารถที่จะประมาณค่าความหนักของกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าการพัฒนาความสามารถที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้านนั้น อาศัยหลักการที่เฉพาะเจาะจง (Principle of specificity of training) โดยที่การพัฒนาความสามารถที่เกิดขึ้นอย่างมากนั้นสังเกตได้จากการที่ผู้รับการฝึกแต่ละคนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่คล้ายคลึงกับกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วยวิธีการฝึกที่นำมาใช้ รูปแบบของการเคลื่อนที่ ลักษณะของการทำงานของกล้ามเนื้อ ความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ และมุมของข้อต่อ

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

สโตน และโอ'ไบรอันท์ (Stone and O'Bryant, 1987) ได้เสนอแนะให้แบ่งช่วงเตรียม (Preparatory period) ออกเป็นสามระยะดังนี้

1. ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase)

ความหนัก	50-75%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

2. ระยะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength phase)

ความหนัก	80-88%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	5-6	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

3. ระยะพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ (Power phase)

ความหนัก	90-95%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	2-4	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

บอมพา (Bompa, 1993) ได้เสนอแนะการวางแผนระยะยาวของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อ โดยแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

1. ระยะการปรับตัวทางกายวิภาค (Anatomical adaptation phase) ใช้เวลา 8-10สัปดาห์ 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

วาเธน และโรล (Wathen and Roll, 1994) ได้เสนอแนะให้แบ่งช่วงเวลาของการฝึกออกเป็นสามช่วง ซึ่งมีการฝึกเฉพาะในส่วนของการฝึกด้วยน้ำหนัก มีดังนี้

1. ช่วงเตรียม (Preparatory period) แบ่งเป็นสามระยะคือ

1.1 ระยะพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ/ความอดทน (Hypertrophy/Endurance phase) ใช้เวลา 1-6 สัปดาห์ ใช้ความหนักในระดับต่ำและจำนวนครั้งมาก วัตถุประสงค์ของการฝึกในระยะนี้คือ พัฒนาความอดทนของระบบกล้ามเนื้อและระบบการเผาผลาญอาหาร (Metabolic)

1.2 ระยะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength phase) ใช้ความหนักเกินกว่า 80% ของหนึ่งอาร์เอ็ม หรืออยู่ระหว่างห้าอาร์เอ็มถึงแปดอาร์เอ็ม

1.3 ระยะพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ (Power phase) ใช้ความหนักเกินกว่า 90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม หรืออยู่ระหว่างสองอาร์เอ็มถึงสี่อาร์เอ็ม

2. ช่วงแข่งขัน (Competition period) ใช้เวลา 1-3 สัปดาห์ ส่วนกีฬาประเภททีมอาจจะใช้เวลาหลายเดือน สำหรับกีฬาที่ต้องการความสามารถสูงสุดของนักกีฬาในช่วงแข่งขันสั้นๆ นั้น ให้ใช้ความหนักในระดับสูงมาก และจำนวนครั้งน้อยมาก

3. ช่วงการส่งผ่าน (Transition period) เป็นช่วงที่ไม่มีความเครียดจากการฝึก หรือการแข่งขัน ใช้การฝึกเป็นกิจกรรมนันทนาการที่มีความหนักในระดับต่ำ และจำนวนครั้งน้อย

แมคอาร์เดิล แคทช์ และแคทช์ (McArdle, Katch and Katch, 1996) ได้เสนอแนะให้แบ่งระยะเวลาของการฝึกความแข็งแรงในระยะเวลาหนึ่งปี ออกเป็นสี่ระยะ คือ

1. ระยะเตรียม (Preparation phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	50-80%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	8-12	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

2. ระยะส่งผ่านครั้งที่1 (First transition phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	80-90%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	5-6	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

3. ระยะแข่งขัน (Competition phase) ใช้เวลาสามเดือน

ความหนัก	90-95%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	2-4	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด

4. ระยะส่งผ่านครั้งที่2 (Second transition phase) หรือระยะเวลาของการพักฟื้น (Recuperation period)ใช้เวลาสามเดือน เป็นระยะเวลาที่เน้นไปที่กิจกรรมนันทนาการ เป็นกิจกรรมที่ใช้ความหนักในระดับต่ำเพื่อการพักฟื้น และเตรียมตัวเข้าสู่ระยะเวลาของการฝึกในปีต่อไป

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% ขึ้นไปของหนึ่งอาร์

เอ็ม ซึ่งในขณะที่ยกนั้นต้องคิดถึงความแข็งแรงและความเร็ว เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากที่สุด และการฝึกในวงจรพลังสูงสุดนั้น ไม่ควรใช้เวลาในการฝึกเกินกว่า 3 สัปดาห์

เพียร์สัน (Pearson, 2000) ได้สรุปความคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกระยะยาวว่า ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อนั้น สามารถกำหนดวงจรของการฝึก ได้มากกว่าหนึ่งวงจรต่อปี โดยทั่วไปจะใช้สามวงจรต่อปี ดังนั้นแนวคิดเกี่ยวกับความหลากหลายของการฝึกจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการวางโปรแกรมการฝึกตลอดปี ซึ่งต้องอาศัยความสอดคล้องกันระหว่างความหนักของการฝึก ปริมาณของการฝึก เวลาพัก และกิจกรรมการฝึกหรือท่าฝึก

จากการที่มีผู้ศึกษาพบว่า การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในระยะ 3-4 สัปดาห์แรกของการฝึกนั้นเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาท (Neurological adaptations) เป็นสำคัญ ส่วนการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น จะสังเกตได้ชัดหลังจากการฝึก 8-12 สัปดาห์

สำหรับท่าฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่นั้น ควรจะนำมาใช้เป็นท่าฝึกในลำดับแรกของการฝึกในแต่ละวัน และท่าฝึกในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว ควรจะนำมาใช้ในโปรแกรมการฝึกไม่เกินสองครั้งต่อสัปดาห์

หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

ชู (Chu, 1996) กล่าวว่า ถึงแม้จะถือได้ว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมากกว่าเส้นใยที่หดตัวได้ช้าก็ตาม แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว จะช่วยให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วในลักษณะแรงระเบิด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคง และท่าทางของนักกีฬาในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ ชู (Chu, 2004) ได้ให้คำแนะนำในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ดังนี้ ให้ฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้ความหนักในการฝึกระดับสูง ซึ่งจะเป็นการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวมาก (Type IIb) และยังฝึกให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Type IIa) ได้ทำงานแบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหัวตัวเร็วมาก (Type IIb) โดยการย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนเข่าทำมุมที่ต้องการ แล้วค้างไว้นับจนถึง 6 วินาที จุดที่ค้างไว้เรียกว่า จุดเดสเซ็นท์ (Descent phase) ในการทำท่าแบกน้ำหนัก (Squat) ทำการฝึก 6-8 ครั้งในหนึ่งเซต ฝึกอย่างน้อย 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นในช่วงที่เราค้างน้ำหนักไว้ (Hold) ในท่าหรือมุมที่เราต้องการ และอาจทำให้ความเร็วมากขึ้นจากการที่เราฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวมาก (Type IIb) ซึ่งสอดคล้องกับ ดัดเลย์ และเฟลกค์ (Dudley & Fleck, 1987) ที่ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกนอกจากจะช่วยทำให้มวลของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (Fast-twitch)

แฟรงค์ (Frank, 1989) กล่าวว่า การทำงานของแบบเอ็คเซ็นตริกร่วมกับการทำงานแบบไอโซเมตริกด้วยความหนักสูงสุดจะช่วยสามารถพัฒนาความแข็งแรงแบบคอนเซ็นตริกได้ ความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกยังไม่ปรากฏแน่ชัดในงานวิจัย แต่ในการทดลองส่วนใหญ่ใช้ความหนักของการฝึกอยู่ที่ 105-175% ของหนึ่งอาร์เอ็ม ตัวอย่างเช่น นักกีฬาสามารถยกน้ำหนักด้วยท่าแบกน้ำหนักแล้วย่อตัวลง 90 องศา(Squat) ได้สูงสุด 100 กิโลกรัม น้ำหนักที่ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกอยู่ในช่วง 105-175 กิโลกรัม ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควรคำนึงถึงความปลอดภัย และน้ำหนักที่ใช้ควรอยู่ในน้ำหนักที่นักกีฬาสามารถรับน้ำหนักได้จนจบการทดลอง

ชมิทไบลเซอร์ (Schmidtbleicher, 1992) ได้เสนอแบบฝึกเอ็คเซ็นตริกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

ความหนัก	110-150	ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึก	5	ครั้ง
จำนวนชุด	3	ชุด
ระยะเวลาพัก	3	นาที

บอมพา (Bompa, 1999) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับหลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกว่า นักกีฬาควรมีการฝึกความแข็งแรงอย่างน้อย 3-5 ปี และในการฝึกนักกีฬาไม่ควรฝึกคนเดียว ควรมีผู้ฝึกสอนคอยดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะใช้น้ำหนักในการฝึกที่มาก เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ในการฝึก และสิ่งที่สำคัญคือ ผู้ฝึกสอนควรเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้านตรงข้ามกับที่ฝึกโปรแกรมเอ็คเซ็นตริกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของนักกีฬา บอมพาได้เสนอรูปแบบโปรแกรมเอ็คเซ็นตริก ดังนี้

ความหนัก	110-160	ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึก	1-4	ครั้ง
จำนวนชุด	3-5	ชุด
ความเร็วที่ใช้ในการยก	ช้า	
ระยะเวลาพัก	3-6	นาที
ความถี่ในการฝึก	1-2	ครั้ง/สัปดาห์

งานวิจัยในประเทศ

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้ทำการวิจัยการเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อน ที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีมของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 72 คน โดยใช้วิธีการจัดกระทำแบบสุ่ม และทำให้ตัวแปรควบคุมคงที่ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 18 คน มีกลุ่มควบคุมฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก กลุ่มทดลองฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และกลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อน ทำการฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ หลังการทดลองสัปดาห์ที่12 พบว่า

1. การฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การฝึกเชิงซ้อนและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2545) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนกับการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก โดยกลุ่มตัวอย่างนั้นเป็นนักกีฬาวิ่ง 100 เมตร ทีมชาติไทยจำนวน 8 คน และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน โดยกลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อนและกลุ่มควบคุมฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และมีการทดสอบความเร็วที่จุด 10 20 30 และ 40 เมตร ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง สามารถเร่งความเร็วจากเส้นเริ่มถึงจุด 20 30 และ 40 เมตร ตามลำดับ ได้มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนยังสามารถเร่งความเร็วจากเส้นเริ่มถึงจุด 40 เมตรได้มากกว่ากลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสรุปได้ว่าการฝึกเชิงซ้อนมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วของนักกีฬา

จุลเกียรติ หงษา (2546) ศึกษาผลของการฝึกวิ่งรูปแบบตัว X และรูปแบบตัว M ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาเทนนิส กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดอ่างทอง ระดับ (ปวช.) มีอายุระหว่าง 17-18 ปี จำนวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน คือกลุ่มควบคุม ฝึกโปรแกรมเทนนิสเพียงอย่างเดียว กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกวิ่งรูปแบบตัว X ควบคู่กับการฝึกโปรแกรมเทนนิส กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกวิ่งรูปแบบตัว M ควบคู่กับการฝึกโปรแกรมเทนนิส ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และ กลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวมาศึกษาภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความคล่องแคล่วว่องไวมากที่สุด จากข้อค้นพบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาเทนนิสนั้นสามารถนำรูปแบบการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การฝึกวิ่งรูปแบบตัว X และการฝึกวิ่งรูปแบบตัว M มาฝึกควบคู่กับโปรแกรมฝึกเทนนิส

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์ (2546) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักศึกษาชายในระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา อายุ 18-22 ปี และไม่ได้เป็นนักกีฬาของมหาวิทยาลัย จำนวน 44 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 22 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายตามปกติ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 45 นาที ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ ก่อนการทดลองหลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 แล้วนำผลมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (One-way analysis of covariance with repeated measure) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาสมรรถภาพ ทางกายเพื่อสุขภาพมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงและความ

อดทนของกล้ามเนื้อขา และสัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ขา และหลัง ความอ่อนตัว และสัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล (2548) ศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีผลต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ได้มาด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แล้วสุ่มวิธีการทดลองให้แต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม ฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและการฝึกตามปกติ โดยฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ คือวันอังคาร และวันศุกร์ใช้เวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพก ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า ที(t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิด และฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพกมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พลเทพ สุขศิริ (2549) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟลูกเทนนิส โดยศึกษากับนักกีฬาเทนนิสหญิง อายุระหว่าง 19-22 ปี ซึ่งมีจำนวน 15 คน ใช้ระยะเวลาในการฝึก 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ก่อนและหลังการฝึกนักกีฬาได้ทำการทดสอบวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการหาค่า 1RM และวัดความเร็วของลูกเสิร์ฟโดยการจับเวลาตั้งแต่ไม้กระทบบอลเหนือศีรษะ จนกระทั่งลูกตกถึงพื้นจำนวน 10 ลูก นำมาหาค่าเฉลี่ยความเร็วของลูกเสิร์ฟ วัดความแม่นยำในการเสิร์ฟลูกเทนนิส โดยการเสิร์ฟเข้าเป้าหมายที่กำหนด จำนวน 10 ลูก นับจำนวนครั้งที่เข้าเป้าหมาย ผลการศึกษาสรุปได้ว่า หลังการฝึกด้วยน้ำหนัก นักกีฬามีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟดีขึ้นทั้งความเร็วและความแม่นยำในการเสิร์ฟเพิ่มขึ้น และมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าความเร็วในการเสิร์ฟหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 0.3 วินาที มีค่าความแม่นยำหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 2.2 ครั้ง และมีค่าความแข็งแรงหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 0.23 กิโลกรัม

วรางคณา สารศิลป์ (2549) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ กับการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียว ที่มีผลต่อความแรงในการเสิร์ฟ โดยมีกลุ่มผู้ร่วมทดลอง เป็นนักกีฬาเทนนิสเยาวชนตัวแทนเขตการศึกษา 8 จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน คือกลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ และกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมปกติอย่างเดียว โดยใช้เวลาในการฝึกซ้อม 8 สัปดาห์ นำผลการทดสอบก่อนและหลังการฝึกมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Mann-Whitney U และ T-test ผลการศึกษาการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติก่อนและหลังการทดสอบ ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรงที่ใช้ในการเสิร์ฟ เท่ากับ 4.900 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ส่วนผลการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียวก่อนและหลังการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรงที่ใช้ในการเสิร์ฟ เท่ากับ 1.100 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลต่างของความแรง ในกลุ่มที่มีการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ กับการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียวก่อนและหลังการทดสอบ ได้ค่าเฉลี่ยผลต่างในกลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติ ดีกว่าการฝึกตามโปรแกรมปกติ ดีกว่าการฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างเดียว เท่ากับ 3.800 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ซึ่งแสดงว่า โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกตามโปรแกรมปกติที่กำหนดให้ ในระยะ 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแรงในการเสิร์ฟของนักกีฬาเทนนิสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยต่างประเทศ

คอลเลียนเดอร์ และทีสซ์ (Colliander and Tesch, 1990) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่สองฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก โดยวัดจากการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump: VJ) และการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายสุขภาพดี จำนวน 22 คน มีประสบการณ์ในการฝึกยกน้ำหนัก แบ่งการฝึกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (Grp CON) ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2. กลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

ผลปรากฏว่ากลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง มีความแข็งแรงมากกว่า กลุ่มคอน (Grp CON) ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง ทั้งกลุ่มคอน (Grp CON) และกลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Slow-twitch) 7 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (Fast-twitch) แต่ในกลุ่มคอน (Grp CON) ไม่มีการเพิ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว

ฮอร์โตแบกยี (Hortobagyi, 1996) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Electromyographic โดยทำการทดลองในผู้หญิงอายุเฉลี่ย 21.5 ปี จำนวน 42 คน โดยแบ่งการฝึกออกเป็นสามเงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (CON) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก

2. กลุ่มเอ็ค (ECC) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

3. กลุ่มนอน (NON) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ไม่ต้องทำการฝึก ดำเนินชีวิตตามปกติ

ผลปรากฏว่ากลุ่มเอ็ค (ECC) สามารถพัฒนาความแข็งแรงได้มากกว่ากลุ่มคอน (CON) คือ สามารถเพิ่มได้ 42 เปอร์เซ็นต์ และ 36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คาร์ก (Crark, 1998) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (T ball forehand test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบสมรรถภาพเฉพาะด้านของกีฬาเทนนิสกับการทดสอบความเร็วในระยะ 5 เมตร 10 เมตร และ 20 เมตร ในนักกีฬาเทนนิสเยาวชนทั้งเพศชายและเพศหญิง พบว่า ในเพศชายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จะอยู่ในระดับสูง (r=0.55-0.94) และในเพศหญิงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะอยู่ในระดับปานกลาง (r=0.35-0.65) นอกจากนั้น จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวกับการทดสอบความเร็วที่ระยะ 20 เมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดรองลงมาคือที่ระดับ 10 เมตร และ 5 เมตร ตามลำดับทั้งเพศชายและเพศหญิง

เกอ (Gur, 2002) ทำการทดลองเกี่ยวกับการทำกิจวัตรประจำวัน ได้แก่ เดิน การลุกขึ้นจากเก้าอี้ การเดินขึ้น-ลงบันไดในผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับหัวเข่า (Osteoarthrosis of both knees) โดยทำการฝึกที่คำนึงถึงการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก หดตัวแบบคอนเซ็นตริก และหดตัวแบบไอโซคิเนตริก (Isokinetic) ทำการฝึกในผู้สูงอายุที่ปัญหาเกี่ยวกับหัวเข่า อายุประมาณ 41-75 ปี จำนวน 23 คน โดยแบ่งการฝึกเป็นสามเงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (CON) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 9 คน ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก
2. กลุ่มคอน-เอ็ค (CON-ECC) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 8 คน ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก
3. กลุ่มนอนซ์ (NONTX) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 6 คน ไม่ต้องทำการฝึก ใช้ชีวิตตามปกติ

ผลปรากฏว่า ทั้งกลุ่มคอน (CON) และกลุ่มคอน-เอ็ค (CON-ECC) ผู้เข้าร่วมการทดลองมีอาการปวดที่เข่าน้อยลง และสามารถทำกิจวัตรประจำวัน (เดิน การลุกขึ้นจากเก้าอี้ การเดินขึ้น-ลงบันได) ได้ดีขึ้น แต่กลุ่มคอน-เอ็ค (CON-ECC) สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ดีกว่ากลุ่มคอน (CON)

ฟาติ้ง เจพี และชิลิเบค พีดี (Farthing JP and Chilibeck PD, 2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการทำท่างอข้อศอก (Elbow flexor) โดยคำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก ทำการทดลองในอาสาสมัคร 24 คน อายุประมาณ 18–36 ปี ที่ไม่เคยผ่านการฝึกแบบแรงต้านทาน โดยออกแบบความเร็วในการยกสองรูปแบบได้แก่ เร็ว [fast, 180° s^{-1}(3.14 rad s^{-1})] และช้า [30° s^{-1}(0.52 rad s^{-1})] โดยแบ่งการฝึกเป็นสองเงื่อนไข ดังนี้

1. ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก แบบเร็ว และช้า
2. ฝึกแบบคอนเซ็นตริก แบบเร็ว และช้า

ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก แบบเร็ว ทำให้มีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ ได้มากกว่ากลุ่มที่ฝึกคอนเซ็นตริก แบบเร็ว และแบบช้า และกลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก แบบเร็ว มีความ

แข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกคอนเซ็นตริก แบบเร็ว และแบบช้า อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ฮิลเลียด-โรเบิร์ตสัน (Hilliard-Robertson, 2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและดูมวลของกล้ามเนื้อ คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งการฝึกออกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

1. ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2. ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และมวลของกล้ามเนื้อ มากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วยืดตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ลักษณะการเคลื่อนที่ในกีฬาเทนนิส

- เคลื่อนที่ไปด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง อย่างรวดเร็ว
- หยุดอย่างรวดเร็ว
- เปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว

เป็นลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกแล้วถ่ายโยงเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก

แบบฝึกในปัจจุบัน	แนวคิดในการวิจัยครั้งนี้
ฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับทำงานแบบคอนเซ็นตริก - เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก	**ฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานเฉพาะเอ็คเซ็นตริก** - เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกเพื่อให้ถ่ายโยงไปสู่การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้มากขึ้น

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว??

ความเร็ว??

พลังของกล้ามเนื้อขา??

ความคล่องแคล่วว่องไว??

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. ขั้นตอน และการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสชาย ในระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยนักกีฬาเทนนิสจะต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว โดยมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น สองกลุ่ม กลุ่มละ 10 คนโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส
กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงคณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวันเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขออนุญาตใช้สถานที่ อุปกรณ์

2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

3. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ตารางการฝึก ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ชี้แจงขั้นตอน และวิธีการทดสอบโดยละเอียดแก่กลุ่มตัวอย่าง

5. นำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่มๆ ละ 10 คน ทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (1RM test) ใช้การทดสอบความเร็วด้วยการวิ่งเร็ว 10 เมตร ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา และใช้การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบสไปเดอร์ เทสต์ (Spider test)

6. ชี้แจงขั้นตอนการฝึก และวิธีการฝึกโดยละเอียดแก่กลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา

แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คนโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม แล้วทำการฝึกตามโปรแกรม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส

กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส

7. ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก พร้อมกันทั้ง 2 กลุ่ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน คือวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี สำหรับนักกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนักกีฬามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จะทำการฝึกในวันอังคาร และวันศุกร์

8. ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ภายหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 โดยใช้แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (1RM test) ใช้การทดสอบความเร็วด้วยการวิ่งเร็ว 10 เมตร ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา และใช้การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบสไปเดอร์ เทสต์ (Spider test)

9. นำผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

10. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 เครื่องมือจับเวลา (นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW - 300)

1.2 อุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักสมิธ แมทชีน (Smith machine)

1.3 แบบทดสอบความสามารถทางด้านความคล่องแคล่วว่องไวแบบสไปเดอร์ เทสต์ (Spider test) ที่ใช้ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

2. โปรแกรมการฝึก

ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก พร้อมกันทั้ง 2 กลุ่ม เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน คือวันจันทร์ และวันพฤหัสบดีสำหรับนักกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนักกีฬามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จะทำการฝึกในวันอังคาร และวันศุกร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการทดสอบทุกรายการระหว่างกลุ่ม โดยการทดสอบค่าที (t-test)

4. วิเคราะห์ผลของการทดสอบทุกรายการภายในกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ (Tukey a)

5. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนในการวิจัย

ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

นักกีฬาเทนนิสชาย จำนวน 20 คน

ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
10 คน	10 คน

การทดสอบครั้งที่ 1 ทำการทดสอบก่อนการทดลอง

ใช้โปรแกรมการฝึกเสริมกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
- ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก - ฝึกทักษะเทนนิส	- ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก - ฝึกทักษะเทนนิส

การทดสอบครั้งที่ 2 ทำการทดสอบหลังสัปดาห์ที่ 4 ของการฝึก

การทดสอบครั้งที่ 3 ทำการทดสอบหลังสัปดาห์ที่ 8 ของการฝึก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบทางสถิติ แล้วจึงนำผลวิเคราะห์เสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ (Tukey a)

ตอนที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 N=10		กลุ่มที่ 2 N=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว						
ก่อนการทดลอง	1.50	0.16	1.50	0.06	0.00	1.00
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	1.88	0.22	2.07	0.11	-2.52	0.02*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	2.16	0.24	2.89	0.19	-6.667	0.00*

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเท่ากันคือ 1.50 เท่าของน้ำหนักตัว หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.88 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 2.07 เท่าของน้ำหนักตัว และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 2.16 เท่าของน้ำหนักตัวและกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 2.89 เท่าของน้ำหนักตัว

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ 2 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 2 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 N=10		กลุ่มที่ 2 N=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)						
ก่อนการทดลอง	5.78	0.36	5.45	0.29	2.269	0.036*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	6.24	0.43	6.08	0.45	0.804	0.432
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	6.45	0.46	6.48	0.38	-0.165	0.871

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความเร็วของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 5.78 เมตรต่อวินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 5.45 เมตรต่อวินาที หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยความเร็วกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 6.24 เมตรต่อวินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 6.08 เมตรต่อวินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยความเร็วกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 6.45 เมตรต่อวินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 6.48 เมตรต่อวินาที

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วพบว่าก่อนการทดลองกลุ่มที่ 1 มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 N=10		กลุ่มที่ 2 N=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)						
ก่อนการทดลอง	50.81	4.29	49.07	4.45	0.889	0.386
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	55.15	4.01	54.93	4.63	0.112	0.912
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	57.99	4.43	62.12	4.06	-2.170	0.044*

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 50.81 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 49.07 วัตต์ต่อกิโลกรัม หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 55.15 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 54.93 วัตต์ต่อกิโลกรัม และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 57.99 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 62.12 วัตต์ต่อกิโลกรัม

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาพบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 N=10		กลุ่มที่ 2 N=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่ววองไว (วินาที)						
ก่อนการทดลอง	16.78	0.82	16.42	0.86	0.960	0.345
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	15.77	0.94	15.51	0.94	0.602	0.555
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	15.41	0.72	14.64	0.69	2.434	0.026*

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 16.78 วินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 16.42 วินาที หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มที่1เท่ากับ 15.77 วินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 15.51 วินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 15.41 วินาที และกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 14.64 วินาที

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวพบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 2 มีความคล่องแคล่ววองไวมากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ (Tukey a)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
1.ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว	1.50	0.16	1.88	0.22	2.16	0.24
2.ความเร็ว(เมตรต่อวินาที)	5.78	0.36	6.24	0.43	6.45	0.46
3.พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	50.81	4.29	55.15	4.01	57.99	4.43
4.ความคล่องแคล่วว่องไว(วินาที)	16.78	0.82	15.77	0.94	15.41	0.72

จากตางรางที่ 5 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 1.50 เท่าของน้ำหนักตัว 1.88 เท่าของน้ำหนักตัว และ 2.16 เท่าของน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 5.78 เมตรต่อวินาที 6.24 เมตรต่อวินาทีและ 6.45 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 50.81 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว 55.15 วัตต์ต่อน้ำหนักตัวและ 57.99 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 16.78 วินาที 15.77 วินาทีและ 15.41 วินาที ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	2.23	1.11	25.744	0.00*
ภายในกลุ่ม	27	1.17	0.043		
รวม	29	3.39			

* $p < .05$

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 ของกลุ่มที่ 1

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
		1.50	1.88	2.16
ก่อนการทดลอง	1.50	-	0.30*	0.66*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	1.88		-	0.28*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	2.16			-

* $p < .05$

จากตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	2.201	1.1	5.503	0.01*
ภายในกลุ่ม	27	5.399	0.2		
รวม	29	7.6			

* $p < .05$

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$ (เมตรต่อวินาที)	ก่อนการทดลอง 5.78	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 6.24	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 6.45
ก่อนการทดลอง	5.78	-	0.46	0.67*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	6.24		-	0.21
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	6.45			-

* $p < .05$

จากตารางที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 1 มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	258.2	129.1	6.189	0.06
ภายในกลุ่ม	27	563.199	20.859		
รวม	29	821.398			

$p > .05$

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 ไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	9.63	4.815	6.648	0.04*
ภายในกลุ่ม	27	19.556	0.724		
รวม	29	29.186			

* $p < .05$

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	(วินาที)	16.78	15.77	15.41
ก่อนการทดลอง	16.78	-	1.01*	1.37*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	15.77		-	0.36
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	15.41			-

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่ววองไวไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 4		หลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 8	
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.
1.ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว	1.50	0.06	2.07	0.11	2.89	0.19
2.ความเร็ว(เมตรต่อวินาที)	5.45	0.29	6.08	0.45	6.48	0.38
3.พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	49.07	4.45	54.93	4.63	62.12	4.06
4.ความคล่องแคล่วว่องไว(วินาที)	16.42	0.86	15.51	0.94	14.64	0.69

จากตางรางที่ 13 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 1.50 เท่าของน้ำหนักตัว 2.07 เท่าของน้ำหนักตัว และ 2.89 เท่าของน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 5.45 เมตรต่อวินาที 6.08 เมตรต่อวินาทีและ 6.48 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 49.07 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว 54.93 วัตต์ต่อน้ำหนักตัวและ 62.12 วัตต์ต่อน้ำหนักตัว ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 16.42 วินาที 15.51 วินาทีและ 14.64 วินาที ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	9.367	4.684	207.22	0.00*
ภายในกลุ่ม	27	0.61	0.023		
รวม	29	9.978			

* $p < .05$

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
		1.50	2.07	2.89
ก่อนการทดลอง	1.50	–	0.57*	1.39*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	2.07		–	0.82*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	2.89			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	5.354	2.673	18.337	0.00*
ภายในกลุ่ม	27	0.935	0.146		
รวม	29	9.28			

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$ (เมตรต่อวินาที)	ก่อนการทดลอง 5.45	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 6.08	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 6.48
ก่อนการทดลอง	5.45	–	0.63*	1.03*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	6.08		–	0.4
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	6.48			–

* $p < .05$

จากตารางที่ 17 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	827.86	413.93	21.392	0.00*
ภายในกลุ่ม	27	522.45	19.35		
รวม	29	1350.31			

* $p < .05$

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	(วัตต์ต่อกิโลกรัม)	49.07	54.93	62.12
ก่อนการทดลอง	49.07	—	5.86*	13.08*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	54.93		—	7.19*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	62.12			—

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาระหว่างระยะเวลาการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่8 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	15.684	7.842	11.194	0.00*
ภายในกลุ่ม	27	18.914	0.701		
รวม	29	34.598			

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) ปรากฏผลดังตารางที่ 21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 2

ระยะเวลาของการทดลอง	$\bar{x}$	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8
	(วินาที)	16.42	15.51	14.64
ก่อนการทดลอง	16.42	-	0.91*	1.78*
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4	15.51		-	0.87
หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8	14.64			-

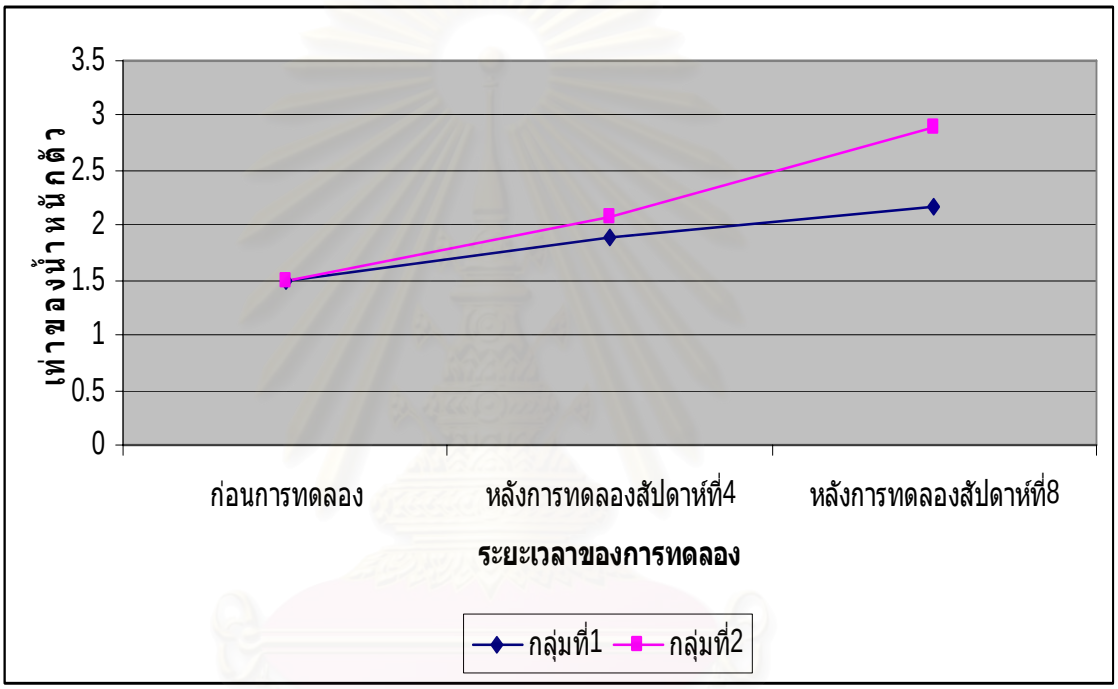
* $p < .05$

จากตารางที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

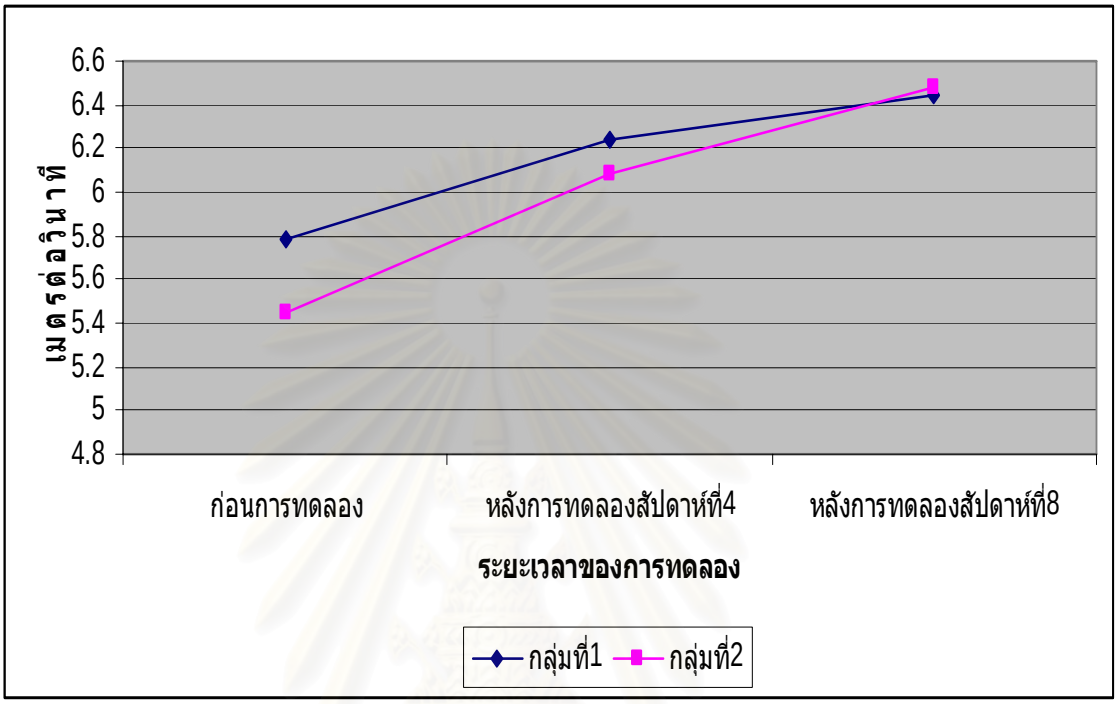
ตอนที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

แผนภูมิที่ 1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2



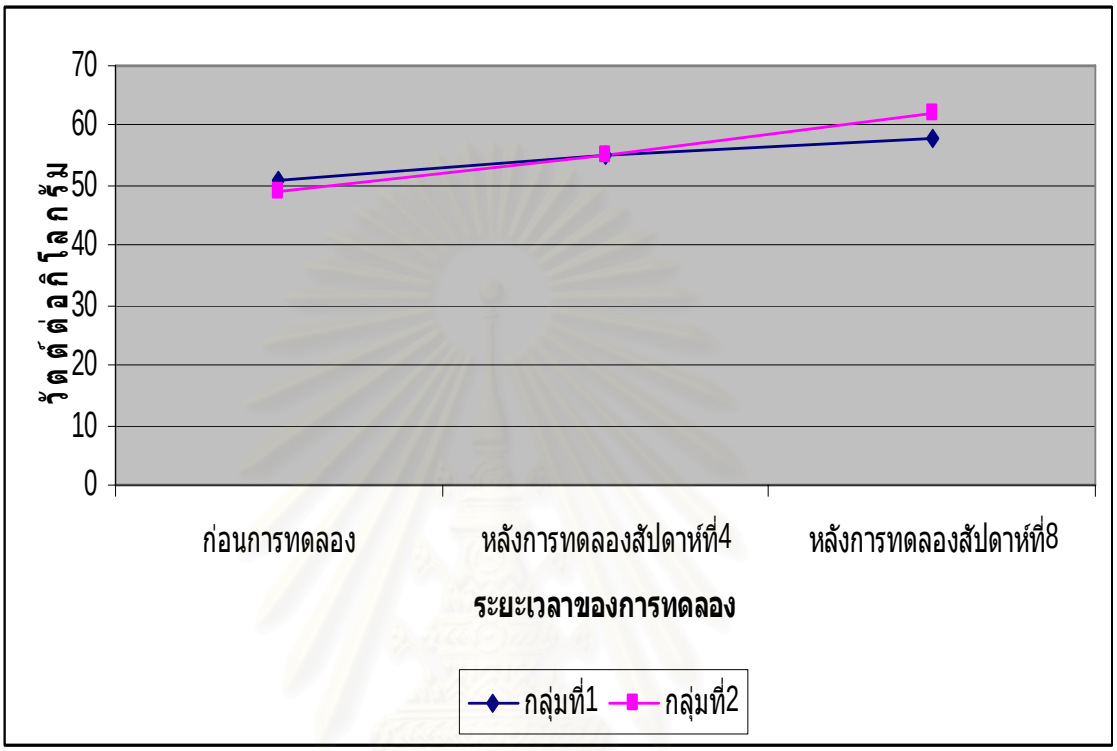
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเร็ว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2



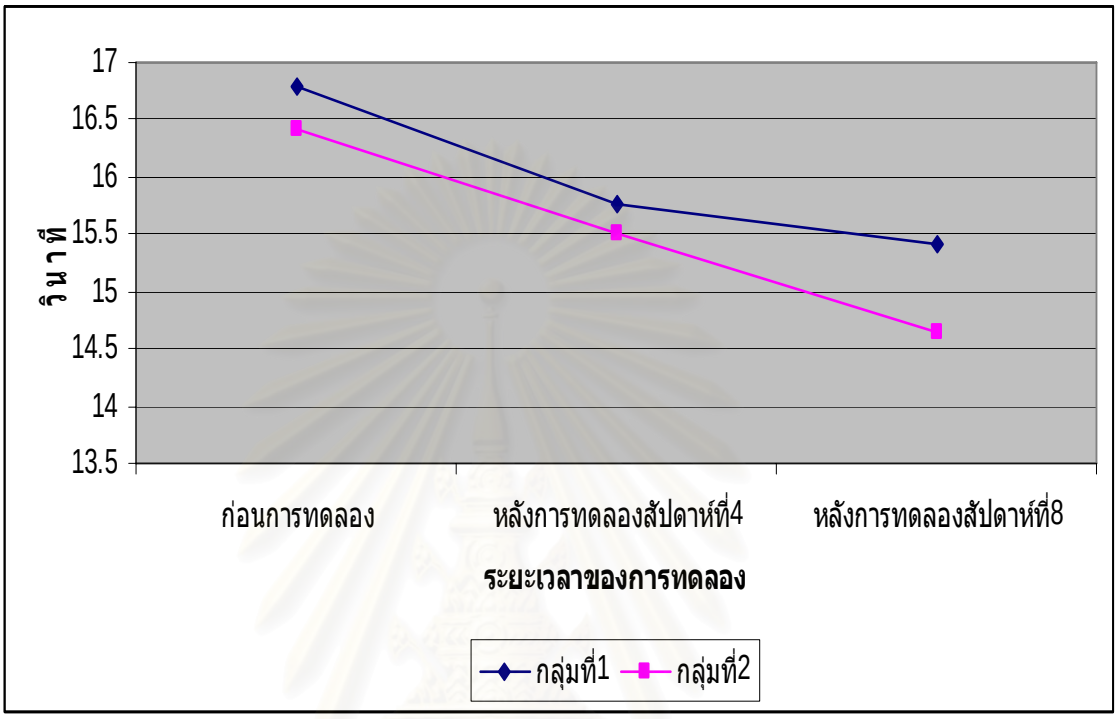
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นนักกีฬาเทนนิสชายในระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 20 คน ทำการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยนักกีฬาเทนนิสจะต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยวิธีการจับสลากเข้ากลุ่ม ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยในการฝึกกลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกและฝึกทักษะเทนนิส โดยฝึกซ้อม 2 วันต่อสัปดาห์ คือ นักเทนนิสจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยฝึกวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี นักเทนนิสมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ฝึกวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี โดยการฝึกนี้จะต้องทำเสร็จก่อนการฝึกทักษะเทนนิสในแต่ละวันของนักกีฬา ในส่วนของการทดสอบนั้นได้มีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 โดยค่าต่างๆที่ทำการเก็บรวบรวมประกอบด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า ที (t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของตูกี เอ (Tukey a)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ 2 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่2 มีความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ก่อนการทดลองกลุ่มที่ 1 มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความเร็ว ไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 2 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 2 มีความคล่องแคล่ววองไวมากกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ 1 มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างก่อนการทดลองกับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

7. พลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มที่ 1 ไม่แตกต่างกัน

8. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 1 พบว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่ววองไวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่ววองไวไม่แตกต่างกัน

9. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

10. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

11. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาระหว่างระยะเวลาการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

12. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวระหว่างระยะเวลาของการทดลองของกลุ่มที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความคล่องแคล่วว่องไวไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะทำให้นักกีฬาเทนนิสมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงเป็นไปตามสมมติฐาน

จากการวิจัยครั้งนี้แสดงว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นวิธีฝึกที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ แฟรงค์ (Frank, 1989) ที่ได้ให้ความเห็นว่าการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความหนักสูงสุดจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้ นักกีฬาเทนนิสจึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับแนวคิดของ บอมพา (Bompa, 1999) ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นการฝึกที่สร้างความตึงเครียดในกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก ซึ่งการที่ความตึงเครียดในกล้ามเนื้อมากก็จะทำให้สร้างความแข็งแรงได้มากเช่นกัน

2. จากสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะทำให้นักกีฬาเทนนิสมีความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีความเร็วไม่แตกต่างกัน เมื่อมาดูการเปรียบเทียบภายในกลุ่มแบบรายคู่โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างก่อนการทดลอง กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 มีความเร็วมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ไม่แตกต่างกัน แสดงว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาของความเร็วเริ่มตั้งแต่หลังสัปดาห์ที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชู (Chu, 2004) ที่ว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ความหนักในการฝึกระดับสูง ซึ่งจะเป็นการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวมาก (Type IIb) และยังฝึกให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (Type IIa) ได้ทำงานแบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาก (Type IIb) จึงทำให้

นักกีฬาเทนนิสที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีความเร็วเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับแนวคิดของ ดัดเลย์ และเฟลกค์ (Dudley & Fleck, 1987) ที่ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก นอกจากจะช่วยทำให้มวลของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (Fast twitch)

3. จากสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะทำให้นักกีฬาเทนนิสมีพลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่า การฝึกแบบคอนเซ็นตริกช่วยทำให้พลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นจริง แต่ไม่เพียงเท่านั้นทางผู้วิจัยได้ศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆของพลังกล้ามเนื้อขาอื่นด้วย ทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และความเร็ว จากที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และความเร็วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการเพิ่มของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และความเร็วนี้ ยังเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของพลังกล้ามเนื้อขาในกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกได้เป็นอย่างดี

4. จากสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะทำให้นักกีฬาเทนนิสมีความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่า การฝึกแบบคอนเซ็นตริกช่วยทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นจริง แต่ไม่เพียงเท่านั้นทางผู้วิจัยได้ศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆของความคล่องแคล่วว่องไวอื่นด้วย ทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา จากที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการเพิ่มของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขานี้ ยังเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความคล่องแคล่วว่องไว ในกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากการวิจัยพบว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นมากกว่าในกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก ทั้งนี้แบบฝึกยังเหมาะสมและสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกก่อนระยะแข่งขัน โดยการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว เราจึงนำสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาเหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์แข่งขันกีฬาที่ต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อที่จะเอาชนะน้ำหนักตัวรวมถึงแรงดึงดูดของโลกเพื่อให้เกิดโมเมนตัม จากนั้นอาศัยพลังกล้ามเนื้อขาเพื่อเร่งความเร็ว รวมทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ต้องใช้ในการชะลอความเร็วในการหยุดตีลูกเทนนิส และอาศัยพลังกล้ามเนื้อขาอีกครั้งเพื่อทำให้เกิดความคล่องแคล่วว่องไวในการเปลี่ยนทิศทางการวิ่งเพื่อเข้าไปหาลูกเทนนิสที่คู่ต่อสู้ตีโต้กลับมา ซึ่งประสิทธิภาพเหล่านี้เป็นผลมาจากการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

2. การฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้ท่าฝึกของนักกีฬายกน้ำหนักนั้น นักกีฬาเทนนิสจำเป็นต้องได้รับคำแนะนำเพื่อให้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บของนักกีฬาเทนนิส อีกทั้งการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นการฝึกที่ใช้น้ำหนักมากกว่า หนึ่งอาร์เอ็มของนักกีฬา ดังนั้นในการฝึกควรมีโค้ชดูแลอย่างใกล้ชิด และมีผู้ช่วยอย่างน้อย 2 คนในการช่วยเหลือนักกีฬา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในชนิดกีฬาอื่นๆ

2. ควรมีการศึกษาความหนักที่เหมาะสมกับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก เพื่อให้เกิดผลดีกับนักกีฬามากที่สุด

3. ควรมีการศึกษาระยะเวลาในการพักที่เหมาะสมในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

4. ควรมีการศึกษาระยะเวลาของการคงอยู่ของผลการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก หลังจากที่ทำการฝึกตามระยะเวลาที่กำหนดไว้แล้วนั้น ความสามารถที่เพิ่มขึ้นนั้นจะยังคงอยู่ได้นานเพียงไร เพื่อเป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกได้อย่างถูกต้อง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เจริญ กระบวนรัตน์. **เทคนิคการฝึกความเร็ว** ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

จุลเกียรติ หงษา, **ผลของการฝึกวิ่งรูปแบบตัว X และรูปแบบตัว M ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาเทนนิส**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล, **ผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์**, การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน ที่มีผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, **ผลของการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการเร่งความเร็วของนักวิ่ง 100 เมตรทีมชาติไทย**. รายงานผลการวิจัย ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัย ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2545.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. กรุงเทพมหานคร , 2536.

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์, **ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

พลเทพ สุขศิริ, **ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพในการเสิร์ฟเทนนิส**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

พลศึกษา, กรม. **การทดสอบและประเมินผลสมรรถภาพทางกาย**. พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์การศาสนา, 2539.

วรางคณา สารศิลป์, **ผลการฝึกพลัยโอเมตริกของกล้ามเนื้อหัวไหล่ที่มีผลต่อความแรงในการเสิร์ฟของนักกีฬาเทนนิสเยาวชนตัวแทนเขตการศึกษา 8**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, **สมรรถภาพทางกายและทางกีฬา.** โรงเรียนกีฬาเวชศาสตร์ ภาควิชาศัลยออร์โธดิคส์และกายภาพบำบัด คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร, 2539.

ภาษาอังกฤษ

Allerheiligen, W.B. Speed development and plyometric training. In T.R. Baechle (ed). Essentials of Strength Training and Conditioning. **Human Kinetics**, 1994 : 314-344.

American colleges of sports medicine position stand on progression model in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exer**. 34,2 (2002) : 364-380.

Baker, D. Acute and long – term power responses to power training : Observations on the training of an elite power athlete. **National Strength and Conditioning Association Journal** (February 2001) : 47-56.

Bird, S.P, Tarpenning, K.M, & Marino F.E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute program variables. **Sports Med**, 35,10 (2005) : 41-51.

Bompa, O. **Periodization of strength :** the new wave in strength training. Toronto : Veritas Publishing, 1993.

Bompa, O. **Periodization training for sport** : Agility and strength training. Toronto : Veritas Publishing, 1999.

Bompa, O. **Periodization training for sports.** Programs for peak strength in 35 sports, 1999.

Chu, D.A**. Explosive power & strength**. Champaign, IL : Human Kinrtics, 1996.

Chu, D.A**. Eccentric strength in tennis**. A Leading Authority in Sport Medicine. 2004 [Online] Available source: http://www.donchu.com/articles/article2/

ClarK, S. Martin, D. and H.L. Fornasiero. **Relationships between speed and agility in nationally ranked junior tennis player**. 2003 [Online] Available Source: http://www.ausport.gov.au/fulltext/1998/acsm/smabs111.htm

Colliander EB and Tesch PA. Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. **Acta Physiol Scand**. 140,1 (1990) : 9-31.

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

Dudley, G.A.; Fleck, S.J. **Strength and endurance training**: Are they mutually exclusive? Sports Medicine 4 (1987) : 79-85.

Dunn, M.J., **Special education**. Oregon State University, Oregon. USA. 1990.

Farthing J.P. and Chilibeck P.D. The effect of eccentric training at different velocities on musclehypertrophy. **Eur J Appl Physiol**. 89,6 (2003) : 570-577.

Frank W. Dick O.B.E. **Sports training principles**. Second edition, 1989.

Gur, H., Cakin, N., Akova, B., Okay, E., Kucukoglu, S. Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training: effects on functional capacity and symptoms in patients with with osteoarthrosis of the knee. **Arch Phys Med Rehabil**. 83,3 (2000) : 308-316.

Heyward, V.H. Muscle testing for sport. In O.Appenzeller (ed.), **Sports medicine**, Maryland : Urban & Schwarzinberg, 1988.

Hilliard-Robertson P.C., Schneider S.M., Bishop S.L., and Guilliams M.E. Strength gains following different combined concentric and eccentric exercise regiems. **Avait Space Environ Med**. 74,4 (2003) : 342-347.

Hortobagyi T, Barrier J, Beard D, Braspennincx J, Koens P, Devita P, Dempsey L, and Lambert J. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. **J Appl Physiol.** 81,4 (1996) : 77-82.

Hydock, D. The weightlifting pulls in power development. **National Strength and Conditioning Association Journal** (February 2001) : 32-37.

June, T. and Lori, S.P. Morgan. Development of speed, agility and quickness for tennis athletes. **Strength and Cond**. 20,3 (1998) : 14-19.

Karp, J.R. Muscle fiber types and training. **National Strength and Conditioning Association Journal** (October 2001): 21-26.

Lamb, D.R. **Physiology exercise**. New York : Macmillan Publishing, 1984.

McArdle, D., Katch, L., and Katch, L. **Exercise physiology**. 4 th ed. Baltimore : William & Wilkins, 1996.

Michael G. Miller, Jeremy J. Herniman, Mark D. Ricard , Christopher C.Cheatham and Timothy J.Michael**. The effect of A-6 week plyometric training program on agility**. Journal of Science and Medicine 5 (2006) : 459-465.

Newton, R.U., and Kraemer, W.J. Developing explosive muscular power : Implications for a mixed methods training strategy. National Strength and Conditioning Association Journal (October 1994) : 20-31.

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

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

Schmidtbleicher D. **Strength and power in sport**. Training for power event, 1992.

Sharkey B.J. and Gaskill SE. **Sport physiology for coaches**. Human Kinetic, P.O. Box 5976, Champaigh, IL 61825-5076, 2006.

Stone, M., and H. O'Bryant. **Weight training :** Scientific approach. Minneapolis : Burgess International. 1987.

Tom, G. **Complete Conditioning for tennis**. United States Tennis Association. Human Kinetics.Champaign, IL 61825-5076. 1998.

Umberger, R. Mechanics of the vertical jump and two – joint muscles : Implication for training. **National Strength and Conditioning Association Journal** (October 1998) : 70-74.

Warden, P. **Sprinting and hurdling**. The Crowood Press Malibrough. London., 1986 : 109.

Weineck, J. **Functional anatomy in sport**. 2 nd ed. St. Louis : Mosby – Year Book, 1990.

Wilk K.E., Voight ML, et al. Strecth-shortening drills for the upper extremities : theory and Clinical application. **Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy**. (May 1993) : 25-39.

Willmore, J.H. and Costill, D.L. **Physiology of sport and exercise**. Champaign, IL : Human Kinetics, 1999.

Wininck, J.P. and F.X. Short. **Physical fitness testing of the disabled**. Human Kinetics Publishers Inc., Champaign, Illionis. 1985 : 165.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกทักษะเทนนิส สัปดาห์ที่ 1-8

ฝึกวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เวลา 17.00 - 18.00 น.

ลำดับที่	เนื้อหา	เวลาฝึก	เวลารวม
1.อบอุ่นร่างกาย (Warm up)	วิ่งเหยาะๆรอบสนาม	15 นาที	
2. ฝึกทักษะ (Skill)	1. จับคู่ครึ่งสนาม (Half court) ฝึกการตีโต้ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 2. ฝึกตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) จากท้ายสนาม (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่ายให้ ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 3. ฝึกตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) จากท้ายสนาม (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่ายให้ ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 4. จับคู่ที่ท้ายสนาม (Full court) ฝึกการตีโต้ ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ(Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 5. จับคู่ฝึกการตีลูกลอยในอากาศ (Volley) โดยให้เพื่อนเป็นผู้ตีป้อนจากท้ายสนาม และผู้ฝึกทำการตีลูกลอยในอากาศหน้ามือ (Forehand volley) และลูกลอยในอากาศหลังมือ (Backhand volley) 6. ฝึกการเสิร์ฟ (Service) ทั้งทางด้านขวา และทางด้านซ้าย	10 นาที 10 นาที 10 นาที 10 นาที	60 นาที
3. คูลดาวน์ (Cool down)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	15 นาที	

โปรแกรมการฝึกทักษะเทนนิส สัปดาห์ที่ 1-8

ฝึกวันอังคาร และวันพฤหัสบดี เวลา 17.00 - 18.00 น.

ลำดับที่	เนื้อหา	เวลาฝึก	เวลารวม
1.อบอุ่นร่างกาย (Warm up)	วิ่งเหยาะๆรอบสนาม	15 นาที	
2. ฝึกทักษะ (Skill)	1. ฝึกตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) จากท้ายคอร์ท (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่าย ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 2. ฝึกตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) จากท้ายคอร์ท (Full court) โดยมีผู้โยนลูกเทนนิสข้ามตาข่าย ผู้ตีจะต้องก้าวเข้าไปตีตำแหน่งที่ลูกลอยมาแล้วตีข้ามตาข่าย 3. จับคู่ที่ท้ายสนาม (Full court) ฝึกการตีโต้ ด้วยการตีลูกกระดอนหน้ามือ (Forehand ground strokes) และการตีลูกกระดอนหลังมือ (Backhand ground strokes) 4. จับคู่ฝึกการตีลูกลอยในอากาศ (Volley) โดยให้เพื่อนเป็นผู้ตีป้อนจากท้ายสนาม และผู้ฝึกทำการตีลูกลอยในอากาศ หน้ามือ (Forehand volley) และลูกลอยในอากาศหลังมือ (Backhand volley) 5. ฝึกเล่นแต้มในประเภทเดี่ยว และประเภทคู่	10 นาที 10 นาที 10 นาที 10 นาที 20 นาที	60 นาที
3. คูลดาวน์ (Cool down)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	15 นาที	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก

อุปกรณ์

เครื่องยกน้ำหนักสมิธ แมทชีน(Smith machine)

ภาพที่ 1 แสดงเครื่องยกน้ำหนักสมิธ แมทชีน (Smith machine)

รูปแบบการฝึก

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลง โดยสามารถต้านและเอาชนะน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา และดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง โดยมีขั้นตอนการฝึกดังนี้

1. ติดตั้งเครื่อง สมิธ แมทชีน (Smith machine) ให้พร้อมกับการทำงาน โดยการใส่น้ำหนักที่จะใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก
2. ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก
3. ให้นักกีฬามายืนในเครื่อง สมิธ แมทชีน (Smith machine) แล้วยืนตรงแบกน้ำหนัก แล้วย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนเข่าทำมุมประมาณ 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง จะมีน้ำหนักมากระทำทั้งตอนย่อตัวลง และดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง
4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวนชุด

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 2-3 แสดงท่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก

โปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก

<u>สัปดาห์ที่ 1-8</u>

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 12 นาที ประกอบด้วย
   - วิ่งเหยาะๆ รอบสนาม 2 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

2. ฝึกโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก

ความหนัก	90%	ของหนึ่งอาร์เอ็มแบบคอนเซ็นตริก
จำนวนครั้ง	4	ครั้ง
จำนวนชุด	4	ชุด

3. เวลาพัก
   - พักระหว่างชุด 4 นาที
   - พักก่อนการฝึกทักษะเทนนิส 60 นาที

4. คูลดาวน์ (Cool-down) 15 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที

5. ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ติดต่อกัน โดยทำการฝึกก่อนการฝึกทักษะเทนนิส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

อุปกรณ์

เครื่องยกน้ำหนักสมิธ แมทชีน (Smith machine)

ภาพที่ 4 แสดงเครื่องยกน้ำหนักสมิธ แมทชีน (Smith machine)

รูปแบบการฝึก

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น โดยสามารถต้านน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (มีน้ำหนักมากระทำเฉพาะย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา)

โดยมีขั้นตอนการฝึกดังนี้

1. ติดตั้งเครื่องสมิธ แมทชีน (Smith machine) ให้พร้อมกับการทำงาน โดยการใส่น้ำหนักที่จะใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

2. ให้นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

3. ให้นักกีฬามายืนในเครื่องสมิธ แมทชีน (Smith machine) ยืนตรงแบกน้ำหนัก แล้วย่อตัวลงอย่างช้าๆ จนเข่าทำมุมประมาณ 90 องศา แล้วยืดตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง จะมีน้ำหนักมากระทำเฉพาะที่ย่อตัวจนเข่าทำมุมประมาณ 90 องศาเท่านั้น ส่วนในตอนยืดตัวขึ้นมาไม่มีน้ำหนักมากระทำโดยการยกขึ้นจากผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย

4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวนชุด

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 5-6 แสดงท่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

โปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

<u>สัปดาห์ที่ 1-8</u>

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 12 นาที ประกอบด้วย
   - วิ่งเหยาะๆ รอบสนาม 2 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

2. ฝึกโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

ความหนัก	120%	ของหนึ่งอาร์เอ็มแบบคอนเซ็นตริก
จำนวนครั้ง	4	ครั้ง
จำนวนชุด	4	ชุด

3. เวลาพัก
   - พักระหว่างชุด 4 นาที
   - พักก่อนการฝึกทักษะเทนนิส 60 นาที

4. คูลดาวน์ (Cool-down) 15 นาที
   - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที

5. ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ติดต่อกัน โดยทำการฝึกก่อนการฝึกทักษะเทนนิส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องทดสอบความแข็งแรงสมิธ แมทชีน (Smith machine)
2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
4. นักกีฬามายืนในเครื่องสมิธ แมทชีน (Smith machine) แล้วยืนตรงแบกน้ำหนัก แล้วย่อตัวลงจนเข่าทำ มุมประมาณ 90 องศา แล้วยืดตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง
5. หาน้ำหนักที่นักกีฬาสามารถทำได้ 4 ครั้ง (4 RM) แล้วนำมาคำนวณหาค่าหนึ่งอาร์เอ็ม (1RM)

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

ภาพที่ 7-8 แสดงท่าการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความเร็ว

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องจับเวลา นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 (Newtest powertimer SW-300) โดยใช้เซ็นเซอร์ในการออกตัว และหยุดเวลา ในระยะทาง 10 เมตร
2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
4. นักกีฬาเข้ามายืนเตรียมตัววิ่งหลังเซ็นเซอร์ที่จุดออกตัว
5. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากตัวเครื่อง ให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้จนถึงจุดสิ้นสุด

ภาพที่ 9

ภาพที่ 10

ภาพที่ 9-10 แสดงวิธีการทดสอบความเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา

ภาพที่ 11

ภาพที่ 12

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องวัดพลังกล้ามเนื้อ นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 (Newtest powertimer SW-300) โดยใช้แผ่นทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา
2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจ โดดละเอียด
4. นักกีฬาเข้ามายืนบนแผ่นยาง ยืนตรงโดยแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ มือเท้าเอวไว้ ศีรษะอยู่ในลักษณะปกติ
5. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากตัวเครื่อง ย่อตัวลงให้เข่าเป็นมุมประมาณ 90 องศา มือเท้าเอวไว้หลังตรง เท้าทั้งสองข้างแนบกับพื้น รักษาสมดุลของร่างกายไว้ไม่ให้เสียการทรงตัว

รูปภาพที่ 13

รูปภาพที่ 14

ภาพที่ 11-14 แสดงท่าการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา

6. จากนั้นออกแรงกระโดดให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ใช้มือช่วยให้เท้าเอวไว้ตลอดช่วงการทดสอบ

7. ขณะที่นักกีฬาลงสู่พื้นนั้นให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับแผ่นทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขาพร้อมกัน ไม่ควรใช้เท้าข้างใดข้างหนึ่งสัมผัสกับแผ่นยางเพียงข้างเดียว

8. รักษาสมดุลของร่างกายไม่ให้เสียการทรงตัว เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณอีกครั้งให้นักกีฬาเดินออกจากแผ่นยางเป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ

ภาคผนวก ช

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว Spider test

อุปกรณ์

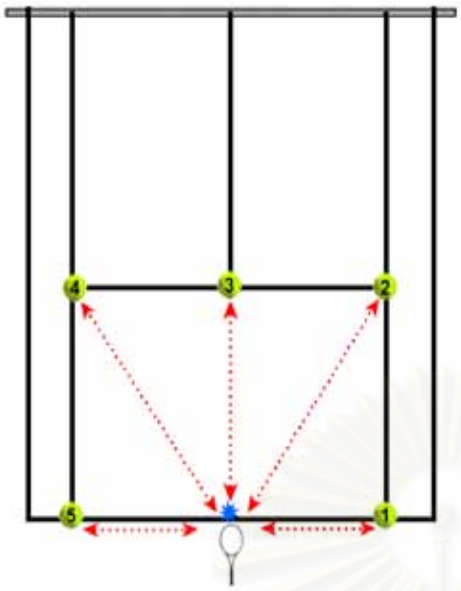
1. เครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 2. ลูกเทนนิส 3. สนามเทนนิส
4. ไม้เทนนิส

ภาพที่ 17 เครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300

ภาพที่ 16 ลูกเทนนิส

ภาพที่17 สนามเทนนิส

ภาพที่18 ไม้เทนนิส



ภาพที่ 19

ภาพที่ 20

ภาพที่ 21

ภาพที่ 19-21 แสดงท่าการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบ Spider test

วิธีการทดสอบ

1. ให้ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่าเตรียมวิ่ง ยืนที่จุดเริ่มต้น เมื่อได้ยินเสียงจากเครื่องจับเวลานิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 ให้ออกวิ่งเก็บลูกเทนนิสจากจุดที่ 1 มาวางตรงจุดเริ่มต้น ให้วิ่งไปเก็บลูกเทนนิสตำแหน่งที่ 2 แล้วนำมาวางไว้ในตำแหน่งเริ่มต้น แล้ววิ่งไปตำแหน่งที่ 3 เก็บลูกเทนนิสแล้วนำมาวางในตำแหน่งเริ่มต้น ทำแบบนี้จนครบทั้ง 5 จุด ถือเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ 1 ครั้ง

2. ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วนำครั้งที่ดีที่สุดมาเป็นข้อมูล

ภาคผนวก ซ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์	ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม	สถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุธนะ ติงศภัทิย์	รองผู้อำนวยการด้านกิจการนักเรียน โรงเรียนสาธิตแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. พันจ่าอากาศเอก อานัต หัตถา	สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตสมุทรสาคร
5. อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตกรุงเทพ และ ผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน
กทม. ๑๐๓๓๐

สิงหาคม ๒๕๕๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมฝึกแบบเอ็คเซ็นติก

ด้วย นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)
คณบดี

หน่วยหลักสูตรการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ฝ่ายวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖

ร่าง.....
พิมพ์.....
ตรวจ.....
ทาน.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก 8 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่าแบกน้ำหนักแล้วย่อตัวลงอย่างช้าๆจนกระทั่งเข่าเป็นมุม 90 องศา			
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 120% ของ 1RM แบบคอนเซ็นตริก			
4. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก จำนวน 4 ครั้ง			
5. ระยะเวลาการพักระหว่างครั้งในการฝึก 5 วินาที			
6. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 4 ชุด			
7. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 4 นาที			
8. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์(จันทร์,พฤหัสบดี)			
9. โปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย 12 นาที ประกอบด้วย - วิ่งเหยาะๆรอบสนาม 5 นาที - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 7 นาที			
10. โปรแกรมการคูลดาวน์ - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

……

……

ลงชื่อ..... ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2551

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 81016
ที่ ศธ.0512.24/พิเศษ **วันที่**
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ และอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย

เรียน ผอ. ศูนย์กีฬาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้วย ข้าพเจ้า นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตระดับมหาบัณฑิตศึกษา แขนงสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้รับอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์เรื่อง "**ภาษาไทย** ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย" และ "**ภาษาอังกฤษ** THE EFFECTS OF ECCENTRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE TENNIS PLAYERS" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี ในการนี้จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือทดสอบ ได้แก่ เครื่องมือยกน้ำหนักสมิท แมทชีน(Smith machine) ในช่วงการทดสอบเครื่องมือก่อนการทดลองการฝึกนักกีฬา ในวันที่ 3 พฤศจิกายน-26 ธันวาคม พ.ศ. 2551 ระหว่างเวลา 13.00-18.00 น. ณ ที่ออกกำลังกายในร่ม (Fitness) ทั้งนี้หากเครื่องมือเกิดการชำรุดเสียหายอันเกิดจากข้าพเจ้า ข้าพเจ้ายินดีขอรับผิดชอบค่าเสียหายที่เกิดขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)	(นายสุทธิกร อาภานุกูล)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้วิจัย
วันที่ ...../...../.....	วันที่...../...../.....

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 02519
วันที่ - 6 ต.ค. 2551 เวลา 16.42 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-8147

ที่ จว 369/51 **วันที่** 30 กันยายน 2551

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบรับรองผลการพิจารณา
2. ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3. ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ตามที่ นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตระดับมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอแก้ไขโครงการวิจัยที่ 084.1/51 เรื่อง ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย (THE EFFECTS OF ECCENTRIC TRAINING ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE TENNIS PLAYERS) เพื่อให้กรรมการผู้ทบทวนหลัก พิจารณาจริยธรรมการวิจัยความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

การนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลัก ได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้รับรองวันที่ 22 กันยายน 2551

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

เรียน กพบส (ผ่าน รอง ผอ.ฝ่ายวิจัย)
เพื่อโปรด
☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
○ พิจารณา
○ อนุมัติ
○ อนุมัติ
ลงชื่อ
- 6 / ต.ค. / 2551

เรียน ผอ.
เพื่อโปรดทราบ และมอบหมาย
ดำเนินการต่อไป

AF 01-11

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. 090/2551

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 084.1/51 : ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย

ผู้วิจัยหลัก : นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตระดับมหาบัณฑิต

หน่วยงาน : สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 22 กันยายน 2551 **วันหมดอายุ** : 21 กันยายน 2552

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 084.1/51
วันที่รับรอง 22 ก.ย. 2551
วันหมดอายุ 21 ก.ย. 2552

เงื่อนไข

1. หากใบรับรองหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 1 เดือน
2. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
3. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย, ใบยินยอม, และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราของคณะกรรมการฯ เท่านั้น แล้วส่งสำเนาใบแรกที่ใช้ เอกสารดังกล่าวมาที่คณะกรรมการฯ
4. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรง (SAE) ต้องรายงานคณะกรรมการฯ ภายใน 5 วันทำการ
5. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการฯ พิจารณาก่อนดำเนินการ
6. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-11) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
7. โครงการวิจัยเกิน 1 ปี ส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัยทุกปีก่อนใบรับรองหมดอายุ เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 6

ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Informed Consent Form)

ชื่อโครงการ ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาแทนนิสชาย

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้าพเจ้าซึ่งได้ลงนามที่ด้านล่างของหนังสือเล่มนี้ **ได้รับคำอธิบายอย่างชัดเจนจนเป็นที่พอใจจาก** ผู้วิจัย ชื่อ นายสุทธิกร อาภานุกูล นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสรีรวิทยาการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หมายเลขโทรศัพท์สำหรับติดต่อ 084-0448208 ซึ่งได้ลงนามด้านท้ายของหนังสือนี้ ถึงวัตถุประสงค์ ลักษณะ และขั้นตอนการศึกษาวิจัยเรื่อง **ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาแทนนิสชาย** ครบถ้วน รวมทั้งทราบถึงผลดี ผลข้างเคียง และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ ข้าพเจ้าได้ซักถามทำความเข้าใจเกี่ยวกับการศึกษาดังกล่าวนี้พร้อมทั้งได้ลงนามด้านท้ายหนังสือเล่มนี้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ข้าพเจ้าเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ด้วยความ**สมัครใจ** และข้าพเจ้า**มีสิทธิ** จะถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อไรก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ แก่ข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ได้ระบุไว้ และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้าจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ**

ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยแล้ว

.....	.....
สถานที่ / วันที่	ลงนามผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
.....	.....
สถานที่ / วันที่	( ) ลงนามผู้วิจัยหลัก
.....	.....
สถานที่ / วันที่	( ) พยาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขที่โครงการวิจัย 094.1/51
วันที่รับรอง 22 ก.ย. 2551
วันหมดอายุ 21 ก.ย. 2552

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล : นายสุทธิกร อาภานุกูล

เกิดวันที่ : 15 มิถุนายน 2527

สถานที่เกิด : จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ปัจจุบัน : 316 หมู่ 4 ตำบลบ้านหม้อ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
รหัสไปรษณีย์ 76000

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2549
เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสรีรวิทยาการ
กีฬา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย