การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย

นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS

Mr. Kampanast Paditsaeree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย
โดย	นายกัมปนาท ประดิษฐ์เสรี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี : การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย. (A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ.ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์, 145 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาวอลเลย์บอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่ากัน ได้แก่ กลุ่มที่1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างก่อน และหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มการทดลองโดยทดสอบค่า“ที”

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า

1. กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีพลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ 1 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนพลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวของทั้ง 2 กลุ่ม ต่างก็เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกสามารถพัฒนาได้ครบทุกองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต.....กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี.....

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5178602239: MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS : ECCENTRIC POWER TRAINING/DEPTH JUMP TRAINING/ LEG MUSCULAR FITNESS

KAMPANAST PADITSAEREE: A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D, THESIS CO-ADVISOR: CHAIPAT LAWSIRIRAT, Ph.D, 145 pp.

The purpose of this research was to compare between eccentric power and depth jump trainings on important leg muscular characters in male volleyball players of the Chulalongkorn University students studying in the academic year 2009. Twenty volleyball players were purposively selected and were trained to develop basic strength for 4 weeks. The subjects were randomly assigned into two groups of ten volleyball players, eccentric power training group and depth jump training group. Both groups were trained two days a week for a period of six weeks. The data of relative strength, explosive power, acceleration ability and agility were taken before and after the experiment. The obtained data were analyzed in terms of means and standard deviations. The t-test was also employed to determine the significant differences of data obtained before and after the experiment.

After six weeks, the results were shown as follows:

1. There were no significant differences in explosive power, acceleration ability and agility between the eccentric power training group (the first group) and the depth jump training group (the second group); however, relative strength in the first group was significantly greater ($p<0.05$) than that of the second group.

2. Relative strength of the eccentric power training group after the experiment was significantly greater ($p<0.05$) than the relative strength of the eccentric power training group before the experiment, while explosive power, acceleration ability and agility in both groups were improved after the experiment.

Conclusion : The eccentric power training within 6 weeks could increase all of leg muscular fitness of male volleyball players.

Field of Study: Sports Science Student's Signature Kampanast Paditsaeree

Academic Year: 2009 Advisor's Signature Chanichai Intiraporn

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษาและมอบทุนอุดหนุนการศึกษาฯ 72 พรรษา ให้แก่ผู้วิจัยตลอดช่วงระยะเวลาที่ได้ศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิต และยังได้มอบทุน 90 ปี เพื่อใช้ในการทำวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดจนคณาจารย์แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬาทุกท่าน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด ที่ได้ให้คำปรึกษาที่ดี คำแนะนำต่างๆมากมาย และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้ และดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ที่นี่

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม อาจารย์ นิพน แจ่มแจ้ง รองศาสตราจารย์เจริญ กระบวนรัตน์ อาจารย์ เกียรติพงษ์รัชต เกรียงไกร อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานิต โกศลอินทรีย์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือที่ใช้วิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา ศูนย์กีฬาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนสำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และอาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ในการศึกษาครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณชมรมวอลเลย์บอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างดี

และที่สำคัญ ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนกำลังใจจากเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือกันตลอด

ด้วยคุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ และผู้อุปการะคุณทุกท่านของผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฎ
สารบัญแผนภูมิ		ฐ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	สมมุติฐานของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	3
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก……	6
	ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ	10
	องค์ประกอบและความหมายของสมรรถภาพทางกาย	14
	การฝึกที่ส่งผลต่อองค์ประกอบแต่ละอย่างของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ	16
	ความสำคัญของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอล	25
	แนวคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุดในนักกีฬา	28
	รูปแบบการใช้แรงต้านในการฝึก	31
	กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา	34

บทที่		หน้า
2	การฝึกดร็อปจัมพ์และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึก	35
	ผลของการฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก	37
	หลักการฝึกแบบไอโซเมตริก	38
	ทฤษฎีและหลักการฝึกแบบพลัยโอเมตริก	40
	ขั้นตอนการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และวิธีการหาความสูงของแท่นในการฝึก	47
	กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเด็พธ์จัมพ์	48
	งานวิจัยในประเทศ	49
	งานวิจัยต่างประเทศ	50
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	53
3	วิธีดำเนินการวิจัย	54
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	54
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	54
	รูปแบบการวิจัย	57
	การวิเคราะห์ทางสถิติ	57
	ขั้นตอนในการวิจัย	58
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	59
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	83
	สรุปผลการวิจัย	83
	อภิปรายผลการวิจัย	84
	ข้อเสนอแนะ……	93
รายการอ้างอิง		95
ภาคผนวก		99
	ภาคผนวก ก	100
	ภาคผนวก ข	103
	ภาคผนวก ค	111

ภาคผนวก ง..... 116
ภาคผนวก จ..... 120
ภาคผนวก ฉ..... 127
ภาคผนวก ช..... 130
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 140

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อพัฒนาความสามารถทางกลไก.....	31
2	แสดงโปรแกรมฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ ท่าที่ใช้ในการฝึกใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า.....	56
3	แสดงโปรแกรมฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริก.....	56
4	แสดงโปรแกรมฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	57
5	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ....	60
6	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก.....	61
7	การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	62
8	ผลการทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	63
9	ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	64
10	ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	65
11	ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	66
12	ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์.....	67

ตารางที่ หน้า

13 ผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก..... 68
14 ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก..... 69
15 ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก..... 70
16 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก..... 71
17 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก..... 72
18 ผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์..... 73
19 ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์..... 74
20 ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์..... 75
21 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์..... 76
22 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์..... 77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงโครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ.....	7
2	แสดงโครงสร้างของไมโอไฟบริล.....	8
3	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีรมิด.....	32
4	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีรมิดคู่.....	33
5	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีรมิดเอียง.....	33
6	แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีรมิดราบ.....	34
7	แสดงท่าฝึกดร็อปจัมพ์.....	36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง.....	78
2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง.....	79
3	แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการเร่งความเร็ว ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง.....	80
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง.....	81
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง.....	82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วอลเลย์บอลเป็นกีฬาที่กำลังได้รับความนิยม และมีการจัดการแข่งขันกันทั้งในระดับประเทศ ภูมิภาค และทั่วโลก ซึ่งในประเทศไทยนั้นจะพบว่าทีมวอลเลย์บอลชายของไทยยังไม่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากนักกีฬาวอลเลย์บอลชายของไทยยังคงมีส่วนสูงที่น้อยกว่าหลายๆประเทศ ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อให้กับนักกีฬาน่าจะชดเชยการเสียเปรียบในเรื่องของส่วนสูงที่น้อยกว่าได้ โดยเฉพาะการที่ทำให้นักกีฬากระโดดได้สูงขึ้น เป็นต้น เพราะฉะนั้นการทำให้สมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาวอลเลย์บอลชายเพิ่มขึ้นน่าจะทำให้ทีมวอลเลย์บอลชายของไทยประสบความสำเร็จได้มากกว่านี้ เนื่องจากวอลเลย์บอลเป็นเกมกีฬาที่ต้องใช้ทั้งทักษะและกลยุทธ์ในการแข่งขัน หนึ่งในทักษะ ก็คือ ความสามารถในการควบคุมลูกบอลไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีความสูง ทิศทาง และความเร็ว ที่เหมาะสม รวมไปถึงความสามารถในการกะจังหวะที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่หรือกระโดด เพื่อโจมตีหรือป้องกันลูกบอล อีกทั้งยังต้องสามารถที่จะตอบสนองต่อการรับลูกจากฝ่ายตรงข้ามได้อย่างรวดเร็วในทิศทางที่เหมาะสม (Carter, 2001)

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าทักษะในกีฬาวอลเลย์บอลจำเป็นต้องใช้กล้ามเนื้อขาในการเคลื่อนไหวมาก เนื่องจากกีฬาวอลเลย์บอลเป็นกีฬาที่ต้องอาศัยความเร็วสูง แรงระเบิด และพลังของกล้ามเนื้อ เพราะในกีฬาวอลเลย์บอลจะต้องมีการเล่นลูกเหนือศีรษะเมื่อต้องกระโดดตบลูกหรือกระโดดสกัดกั้นด้วยแรงสูงสุดหลายๆครั้ง มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วหลายครั้ง มีการเคลื่อนที่ไปรับลูกอย่างรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านั้นนักกีฬายังต้องใช้แรงในระดับสูงทั้งเพื่อชะลอความเร็วเมื่อต้องหยุดจากการเคลื่อนที่ไปรับลูกและเพื่อลดแรงกระแทกจากการลงสู่พื้นจากการกระโดด (Hedrick, 2007)

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาจึงมีความสำคัญต่อกีฬาวอลเลย์บอลได้แก่ พลังกล้ามเนื้อขาในรูปแบบพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น เพื่อเล่นลูกเหนือตาข่ายในเกมรุก และกระโดดเพื่อสกัดกั้นในเกมรับ นอกจากนี้ยังใช้พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้น เพื่อลดแรงกระแทกในขณะที่ลงสู่พื้น ต้องใช้ความสามารถในการเร่งความเร็วเพื่อใช้เร่งความเร็วในช่วงสั้นๆให้มากขึ้นในการเข้าทำทักษะต่างๆ ต้องมีความคล่องแคล่วว่องไวเพื่อใช้ในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วหลายครั้งโดยที่ไม่เสียการทรงตัว ต้องมีความอดทนของกล้ามเนื้อขา เพื่อช่วยให้สามารถแสดงทักษะซ้ำๆกัน ได้ตลอดเกมการแข่งขัน นอกจากนี้ยังต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ในการเพิ่มความสามารถในการกระโดด และยังช่วยป้องกันการบาดเจ็บอีกทั้งยังช่วยให้สามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะเป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการพัฒนาองค์ประกอบอื่นๆอีกด้วย (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2548)

ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเฉพาะ พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แต่ไม่ได้ศึกษาความอดทนของกล้ามเนื้อขา เนื่องจากผลของโปรแกรมการฝึกไม่ได้เน้นฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อขา ซึ่งจากความสำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการแข่งขันของทีมวอลเลย์บอลชายดังกล่าวนั้น ผู้วิจัยได้ค้นคว้าการฝึกรูปแบบต่างๆ จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าการฝึกด้วย การใช้แรงต้าน (Resistance training) ส่วนใหญ่จะเป็นการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric contraction) คือ การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบคอนเซ็นตริก (Concentric contraction) คือ การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลง หรือการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric contraction) คือ การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวคงที่ รูปแบบใดแบบหนึ่ง หรืออาจจะเป็นการฝึกแบบผสมผสานกัน (Higbie et al., 1996; Hortobagyi et al., 1996; Thomas et al., 2009) และพบว่าในกีฬาวอลเลย์บอล จะมีการฝึกเด็พธ์จัมพ์ (Depth jump) เพื่อใช้พัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา (Carter, 2001) และยังเป็นการฝึกแบบพลัยโอเมตริกขั้นสูงสุด ที่เป็นการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างรวดเร็วจนเกิดรีเฟล็กการยืด (Stretch reflex) แล้วตามด้วยการทำงานแบบคอนเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว

ฟาติ้ง และชิลิเบค (Farthing and Chilibeck, 2003) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกและแบบคอนเซ็นตริกที่ความเร็วสองระดับ คือ เร็ว 180 องศาต่อวินาที และช้า 30 องศาต่อวินาที ในท่างอข้อศอก (Elbow flexor) ผลปรากฏว่า การฝึกเอ็คเซ็นตริกแบบเร็ว นั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งสัมพันธ์กับ บอมพา (Bompa, 1999) ที่ได้กล่าวว่า การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็ว จะส่งผลต่อการการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มากกว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยอัตราเร็วที่ช้า

จากการค้นคว้านี้จะพบว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างรวดเร็วนั้นจะสามารถพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อให้กับนักกีฬาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric power training) ซึ่งเป็นการฝึกเน้นให้กล้ามเนื้อขาหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นด้วยความเร็ว เพื่อรับน้ำหนักตัวจากการหย่อนตัวลงมาจากที่สูง พร้อมกันนั้นเมื่อลงสู่พื้นกล้ามเนื้อขาจะต้องหดตัวแบบไอโซเมตริก หรือมีการหดตัวแบบความยาวคงที่อย่างมากบนเนินของปลายฝ่าเท้า (balls of feet) เพื่อให้ลำตัวอยู่นิ่งจากข้อสรุปดังกล่าวนี้จึงทำให้มีคำถามว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก จะมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้มากกว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์หรือไม่

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกกับการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย ที่อาจจะแตกต่างกัน เพื่อให้ผู้ฝึกเลือกโปรแกรมที่ดี เหมาะสมกับการฝึก จะทำให้สามารถพัฒนานักกีฬาไปสู่ความเป็นเลิศได้โดยเฉพาะทีมวอลเลย์บอลชาย และนำไปสู่การเป็นนักกีฬาวอลเลย์บอลอาชีพได้ในอนาคต ทั้งนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ทำให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาโดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักวอลเลย์บอลชายระดับอุดมศึกษา

2. ระยะเวลาในการวิจัยทั้งหมด 10 สัปดาห์ ระยะแรกฝึกพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน คือวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เวลา 16.30 น.-17.30 น. และระยะที่ 2 ฝึกพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ2 วัน คือ วันจันทร์ และ วันพฤหัสบดี เวลา 16.30 น.-17.30 น.

3. ตัวแปรที่ใช้ศึกษาค้นคว้า

3.1 ตัวแปรต้น (Independent variable) มีหนึ่งตัวแปรคือ โปรแกรมฝึกประกอบด้วย

3.1.1 โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

3.1.2 โปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric power training) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นด้วยความเร็วสูง ในการวิจัยครั้งนี้ให้ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ซึ่งความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ใช้จะเท่ากับความสูงที่ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงมาแล้วสามารถทรงตัวได้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of feet) โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้น สามารถตรวจสอบการลงน้ำหนักที่ส้นเท้าโดยใช้แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force platform) และกล้องความเร็วสูง

การฝึกเด็พธ์จัมพ์ (Depth jump training) หมายถึง การฝึกพลัยโอเมตริกที่เน้นการฝึกกล้ามเนื้อขา เป็นท่าฝึกที่มีความหนักสูงสุด (Shock) ของการฝึกพลัยโอเมตริก โดยในการฝึกนั้นให้ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ที่สูงจากพื้น และลงสู่พื้นด้วยขาทั้งสองข้างโดยไม่ให้ส้นเท้าแตะพื้นต่อเนื่องกับการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งให้เร็วที่สุด

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา (Leg muscular fitness) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาในการทำงานเพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆ ได้แก่

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg muscular strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat)

- พลังกล้ามเนื้อขา (Leg muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดโดยใช้เวลาน้อยที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศาแล้วตามด้วยการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งทันที (Counter movement jump)

- **ความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration ability)** หมายถึง อัตราการเพิ่มความเร็วของการวิ่ง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การออกวิ่งจากจุดเริ่มต้น ถึงจุด 10 เมตร

- ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนท่าทางของร่างกายอย่างรวดเร็วและแม่นยำโดยไม่เสียการทรงตัว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ พลังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยาการทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัวในขณะเคลื่อนที่ (Dynamic flexibility) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา (505 agility test)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถนำรูปแบบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกไปใช้ในการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาวอลเลย์บอลเพื่อความเป็นเลิศทางด้านกีฬา

2. สามารถนำรูปแบบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกมาปรับปรุง และใช้กับชนิดกีฬาอื่นๆ เพื่อพัฒนาความเป็นเลิศทางด้านกีฬาได้

3. ทำให้ได้โปรแกรมการฝึกสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาที่มีประสิทธิภาพไม่ยุ่งยาก และเกิดประโยชน์สูงสุดในการฝึก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าวิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก

- โครงสร้างของร่างกาย
- การควบคุมของกล้ามเนื้อด้วยระบบประสาท
- โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ
- กลไกในการหดตัวของกล้ามเนื้อ
- หน่วยยนต์
- การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย
- การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยน้ำหนัก

2. ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ

- ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ
- ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อ
- หน้าที่ของกล้ามเนื้อ

3. องค์ประกอบและความหมายของสมรรถภาพทางกาย

4. การฝึกที่ส่งผลต่อองค์ประกอบแต่ละอย่างของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

5. ความสำคัญของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอล

6. แนวคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุดในนักกีฬา

-การฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

7. รูปแบบการใช้แรงต้านในการฝึก

8. กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา

9. การฝึกดร็อปจัมพ์และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึก

10. ผลของการฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก

11. หลักการฝึกแบบไอโซเมตริก

12. ทฤษฎีและหลักการฝึกแบบพลัยโอเมตริก

13. ขั้นตอนการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และวิธีการหาความสูงของแท่นในการฝึก

14. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเด็พธ์จัมพ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

2. งานวิจัยต่างประเทศ

การตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการฝึก (Muscles respond to training)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า การที่ยิ่งเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการฝึกและนำมาประยุกต์ได้มากเท่าไหร่ ก็จะยิ่งทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงและความสามารถในการเล่นกีฬามากยิ่งขึ้นเท่านั้น โดยได้อธิบายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการฝึกไว้ดังนี้

โครงสร้างของร่างกาย (Structure of the body)

โครงร่างมนุษย์นั้นถูกสร้างด้วยโครงกระดูก โดยจุดเชื่อมระหว่างกระดูกจะเรียกว่า ข้อต่อ(Joint) ซึ่งจะถูกยึดไว้ด้วยเนื้อเยื่อเป็นแผ่นเหนียวที่เรียกว่า เอ็นยึดข้อต่อ (Ligament) และโครงร่างกระดูกเหล่านี้จะถูกปกคลุมไปด้วยกล้ามเนื้อ 656 มัด ซึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักร่างกาย โดยสิ่งที่ยึดกล้ามเนื้อกับกระดูกจะเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเหนียวแน่นที่เรียกว่าเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) ดังนั้นความตึงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อจะส่งผ่านไปยังกระดูกโดยผ่านเอ็นกล้ามเนื้อ เพราะฉะนั้นยิ่งเกิดความตึงในกล้ามเนื้อมากเท่าไหร่ ก็ยิ่งเกิดแรงดึงต่อเอ็นกล้ามเนื้อและกระดูกมากเท่านั้น และผลที่สุดก็คือ ยิ่งทำให้ระยางค์เคลื่อนที่ด้วยแรงมากยิ่งขึ้นนั้นเอง

การควบคุมของกล้ามเนื้อด้วยระบบประสาท (Nerve supply to muscles)

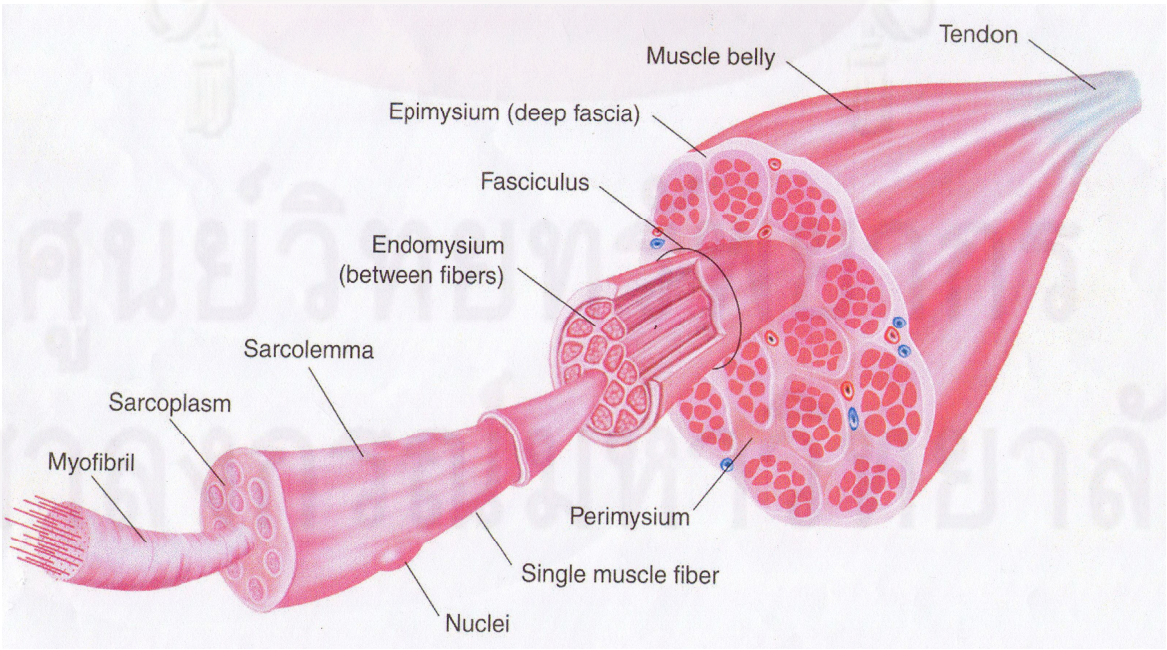
กล้ามเนื้อจะถูกควบคุมด้วยประสาทยนต์ (Motor nerves) และประสาทสัมผัส (Sensory nerves) ประสาทยนต์จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเคลื่อนไหว โดยแต่ละประสาทยนต์จะส่งกระแสประสาท จากระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) ไปยังจุดหมายบนเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) ที่เรียกว่า มอเตอร์เอนเพลต (Motor end plate) เป็นผลให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ส่วนประสาทสัมผัส จะทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับความปวด (Pain) และข้อมูลจากการกำหนดทิศทาง หรือตำแหน่งของร่างกาย (Body orientation) ไปยังระบบประสาทส่วนกลาง โดย เฮคคิเนน อลัน และ โคมิ (Hekkinen, Alan, and Komi, 1985) ได้กล่าวว่า การเกิดการปรับตัวของประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptations) จะสัมพันธ์กับความบ่อยในการสั่งการกล้ามเนื้อ และสัมพันธ์กับรูปแบบของการสั่งการที่เคยเกิดขึ้น

โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ (Structure of muscle cell)

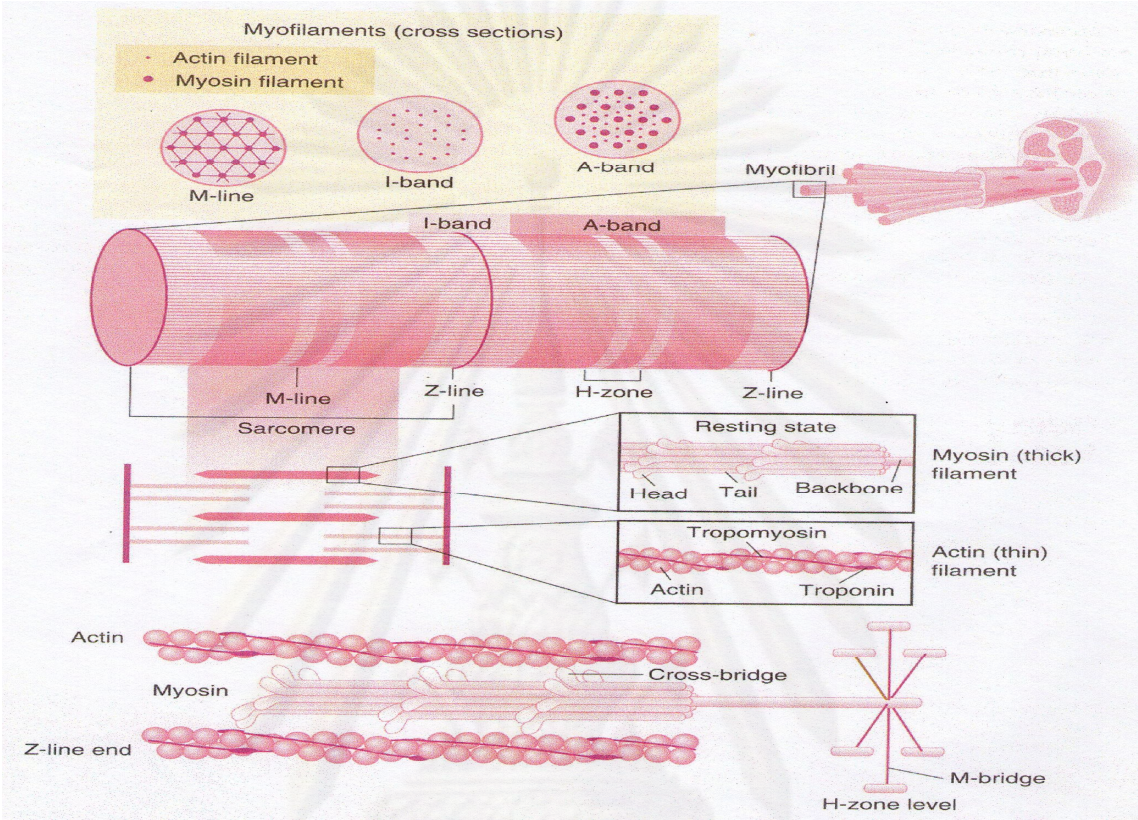
ฮันเตอร์ (Hunter, 2000) กล่าวว่า เซลล์กล้ามเนื้อ หรือเส้นใยกล้ามเนื้อจะยืดออกตามความยาวของกล้ามเนื้อทั้งมัดนั้น ซึ่งภายใต้เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ที่เรียกว่าเอพีไมเซียม (Epimysium) จะมีเส้นใย

กล้ามเนื้อหลาย ๆ เส้นใยกล้ามเนื้อรวมกันเป็นมัด (Bundle) เรียกว่า ฟาสสิคิวลิ (Fasciculi) และในแต่ละมัดเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า เพอริไมเซียม (Perimysium) นอกจากนี้ในแต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะถูกหุ้มด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ที่เรียกว่าเอนโดไมเซียม (Endomysium) โดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้ง 3 นี้ คือ เอพีไมเซียม เพอริไมเซียม และเอนโดไมเซียม จะเชื่อมต่อกับเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) ดังนั้นถ้ามีการสร้างความตึงจากเส้นใยกล้ามเนื้อ 1 เส้น ความตึงนั้นก็จะถูกส่งผ่านไปยังเอ็นกล้ามเนื้อได้ ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นจะประกอบไปด้วย เส้นใยโปรตีนที่เรียกว่า ไมโอไฟบริล (Myofibril) ซึ่งจะยึดหน่วยของการหดตัวที่เรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) โดยแต่ละซาร์โคเมียร์จะประกอบไปด้วยลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของเส้นใยโปรตีนสองชนิดคือ ไมโอซิน (Myosin) ซึ่งเป็นเส้นใยชนิดหนา และแอกติน (Actin) ซึ่งเป็นเส้นใยชนิดบาง ดังแสดงในภาพที่ 2 นอกจากจากนี้ บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวว่าการทำงานร่วมกันของเส้นใยทั้ง 2 ชนิด คือ แอกตินและไมโอซินจะมีความสำคัญมากในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะหดตัวหรือออกแรงนั้นจะถูกกำหนด โดยรูปแบบของกล้ามเนื้อเอง คือ ขนาดของพื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) ความยาวของเส้นใยกล้ามนื้อ (Fiber length) และจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Number of fiber) ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการฝึก ส่วนอีกสองตัวแปรนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการฝึก ซึ่งการฝึกพิเศษที่เฉพาะจะสามารถเพิ่มความหนาของเส้นใยเล็กๆของกล้ามเนื้อ (Muscle filaments) ซึ่งจะทำให้เพิ่มทั้งขนาดของกล้ามเนื้อและแรงในการหดตัว

ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อ (Hunter, 2000)



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของไมโอไฟบริล (Myofibril) (Hunter, 2000)



กลไกในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Mechanism of muscular contraction)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า จากทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใยเล็กๆในกล้ามเนื้อ (The sliding filament theory) อธิบายได้ว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกี่ยวข้องกับกลไกการเลื่อนซ้อนกันของไมโอซิน และแอกติน จึงถูกเรียกว่าทฤษฎีการเลื่อนซ้อนกันของเส้นใยเล็กๆในกล้ามเนื้อซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (The sliding filament theory of contraction) โดยแอกตินหกเส้นจะไปล้อมรอบไมโอซินหนึ่งเส้น ซึ่งไมโอซินจะมีก้านเล็กๆที่จะยื่นไปยังแอกติน เรียกว่าครอสบริดจ์ (Cross bridge) กระแสประสาทที่ส่งมาจากศูนย์สั่งการ (Motor nerve) จะไปกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นส่งผลให้แอกตินไปเชื่อมกับครอสบริดจ์ของไมโอซิน และการเชื่อมนี้จะหลุดออกจากกัน โดยที่ครอสบริดจ์ได้มีการปลดปล่อยของพลังงาน ส่งผลให้ครอสบริดจ์ไปดึงหรือเลื่อนไมโอซินไปบนแอกติน ซึ่งการเลื่อนนี้เองเป็นการทำให้กล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้า (Contract) จึงทำให้เกิดแรงขึ้น เมื่อการกระตุ้นนี้จบลงไมโอซิน และแอกตินจะแยกกันจึงทำให้กล้ามเนื้อเหยียดออกสู่ภาวะปกติ และการหดตัวสิ้นสุดลง การทำงานของครอสบริดจ์นี้จะอธิบายได้ว่าทำไมการสร้างแรงจากกล้ามเนื้อจึงขึ้นอยู่กับความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่จะหดตัว ซึ่งจะพบว่าความยาวของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในการหดตัวในการหดตัวนั้น คือความยาวขณะพัก เพราะว่าทุกๆ ครอสบริดจ์ สามารถที่จะเชื่อมกับแอกตินได้ส่งผลให้เกิดความตึงสูงสุดในกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อก่อนที่หดตัวนั้นสั้นกว่าความยาวภาวะปกติมาก ก็จะทำให้แรงในการหดตัวลดลง ซึ่งในกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวอยู่แล้วนั้น

ไมโอซิน และแอกตินจะทำการเชื่อมไปแล้วทำให้เหลือครอสบริดจ์ ที่ว่างอยู่เพียงเล็กน้อยที่จะไปดึงแอกติน จึงทำให้เกิดความตึงและแรงที่น้อย และเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกมากกว่าความยาวระยะพัก ก็จะทำให้เกิดแรงในการหดตัวน้อยเช่นกัน เนื่องจากแอกตินอยู่ไกลเกินไปจากครอสบริดจ์ เพื่อที่จะเชื่อมกันและทำให้กล้ามเนื้อหดตัว จึงสรุปได้ว่าแรงในการหดตัวนั้นจะลดลงเมื่อความยาวของกล้ามเนื้อนั้นสั้นหรือยาวไปกว่าความยาวระยะพัก โดยพบว่าแรงสูงสุดในการหดตัว จะเกิดขึ้นเมื่อการหดตัวนั้นเริ่มด้วยมุมของข้อต่อที่ประมาณ 110-120 องศา

หน่วยยนต์ (The motor unit)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ประสาทยนต์ (Motor nerve) จะมีเส้นใยประสาทสั่งการที่เข้าไปยังกล้ามเนื้อโดยสามารถที่จะไปเกาะเส้นใยกล้ามเนื้อได้ตั้งแต่หนึ่งเส้นจนถึงหลายๆพันเส้น โดยทุกๆเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นด้วยเส้นใยประสาทสั่งการที่ไปสั่งการเท่านั้นซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างพร้อมเพียงกัน ดังนั้น หนึ่งประสาทยนต์รวมกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกสั่งการโดยประสาทยนต์นี้จะหมายถึง หนึ่งหน่วยยนต์ (A motor unit) โดยเมื่อประสาทยนต์ถูกกระตุ้น กระแสประสาทจะส่งไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อภายในหน่วยยนต์นั้น โดยกระแสประสาทอาจจะแพร่กระจายไปยังทุกๆเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือไม่แพร่กระจายเลย ขึ้นอยู่กับว่าประสาทยนต์ ถูกกระตุ้นถึงระดับกั้น (Threshold) หรือไม่ เป็นไปตาม กฎไม่หรือทั้งหมด (all-or-none law) ดังนั้นถ้ามีการกระตุ้นประสาทยนต์ด้วยกระแสประสาทที่อ่อนแต่ถึงระดับกั้นก็สามารถสร้างความตึงจากหน่วยยนต์ได้เท่ากับการกระตุ้นด้วยกระแสประสาทที่มาก แต่กฎไม่หรือทั้งหมดนี้ไม่สามารถใช้กับกล้ามเนื้อทั้งมัดได้ เพราะถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อจะตอบสนองต่อการกระตุ้นต่อหนึ่งประสาทยนต์ ซึ่งเป็นเพียงแค่หนึ่งหน่วยยนต์เท่านั้น แต่ก็ใช้ว่าทุกๆหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อมัดนั้นจะถูกกระตุ้นขณะที่กำลังหดตัว ซึ่งจำนวนของหน่วยยนต์ที่สามารถถูกกระตุ้นมาใช้ในการหดตัว จะขึ้นอยู่กับแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อ เช่น แรงต้านที่น้อยก็จะมีการระดมจำนวนของหน่วยยนต์ได้น้อยและแรงในการหดตัวก็เกิดน้อยเช่นกัน ในทางตรงกันข้าม แรงต้านที่มากก็จะมีการระดมจำนวนของหน่วยยนต์ได้หมดหรือเกือบจะทั้งหมดที่มีในกล้ามเนื้อมัดนั้น จึงส่งผลให้เกิดการสร้างแรงได้สูงสุด โดยจะพบว่าจำนวนของหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อจะถูกระดมมาใช้จากน้อยไปมากตามลำดับของแรงต้านที่มากระทำกับกล้ามเนื้อจากน้อยไปมาก ดังนั้นทางเดียวที่จะฝึกให้ทุกๆหน่วยยนต์ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อมัดนั้นทำงานก็คือ การใช้แรงต้านสูงสุดมาฝึก โดยแรงที่สร้างขึ้นจากกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

1. จำนวนของหน่วยยนต์ที่จะสามารถถูกระดมมาใช้ได้ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว
2. จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีอยู่ในหน่วยยนต์ ยิ่งมีจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์มากเท่าไหร่ก็ยิ่งสร้างแรงได้มากเท่านั้น ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์จะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม จึงตอบคำถามได้ว่าทำไมบางคนถึงเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ง่ายจากการฝึก นอกจากนี้หน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นเพื่อตอบสนองโดยการหดตัวอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการคลายตัวหรือจะเรียกว่า การทวิทช (Twitch)

การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย (Recruitment of muscle fibers during exercise)

เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) ได้กล่าวว่าระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายจะแปรผันตรงกับจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกเรียกใช้เพื่อทำให้เกิดแรงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายนั้นๆ เช่นการเดินช้าๆอาจจะมีการเรียกใช้เส้นใยกล้ามเนื้อขาน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระบวนการที่มีการเรียกใช้จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นเพื่อให้กล้ามเนื้อสร้างแรงได้มากขึ้นจะเรียกว่า การระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Fiber recruitment) นอกจากนี้จะพบว่าการออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้นต่ำจะมีการระดมเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า แต่เมื่อมีระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วย จากชนิดหดตัวช้าเป็นชนิดผสมและชนิดหดตัวเร็วในที่สุด เช่น การฝึกยกน้ำหนักจะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในปริมาณมาก

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยน้ำหนัก (Physiological changes due to weight training)

เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) กล่าวว่าเรารู้กันแล้วว่าโปรแกรมที่ฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงนั้น เราจะฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscular size) และเพื่อให้มีการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ซึ่งการฝึกความแข็งแรงนั้นจะเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ปัจจัยดังนี้ คือความแข็งแรงที่ได้จากการฝึกจะเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้นก่อน แล้วจึงเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อนั้นมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) เป็นหลัก นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงนั้นจะมีผลต่อการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ (Hyperplasia) น้อยมาก ซึ่งการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ จากการฝึกความแข็งแรงนี้ยังคงไม่ได้ข้อสรุปที่แน่นอน นอกจากนี้จะพบว่าการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีการเคลื่อนไหวเต็มมุมการเคลื่อนไหว จะช่วยพัฒนาความอ่อนตัวด้วย

ความรู้พื้นฐานของกล้ามเนื้อ

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types)

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่าถึงแม้ว่าทุกหน่วยยนต์จะทำงานเหมือนกัน แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจะทำงานไม่เหมือนกัน เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในอนากาศนิยม (Anerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนในขณะที่บางชนิดเหมาะแก่การทำงานในภาวะอากาศนิยม (Aerobic) หรือภาวะที่มีการหายใจระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน โดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type 1) จะใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานที่เรียกว่าอากาศนิยม (Aerobic) จะมีสีแดง และมีการหดตัวที่ช้า ดังนั้นนอกจากจะเรียกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1แล้วยัง

สามารถเรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอากาศนิยม เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fiber, ST)

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

เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้จะอยู่ในร่างกายในสัดส่วนที่ค่อนข้างจะเท่ากัน โดยการฝึกความแข็งแรงจะส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนี้จะพบว่าการครอบคุมด้วยเส้นประสาทของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นตัวบ่งบอกว่า มันเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าหรือเร็ว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่า มีเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมากเท่าไหร่ที่ถูกเชื่อมกับเส้นใยประสาทสั่งการของหนึ่งประสาทยนต์ (Motor nerve) โดยจะพบว่าหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ประสาทยนต์จะมีขนาดใหญ่ และมีเส้นประสาทตั้งแต่ 300 ถึงมากกว่า 500 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ในขณะที่หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้านั้น ประสาทยนต์จะมีขนาดเล็ก และมีเส้นประสาทเพียง 10 ถึง 180 เส้น ที่ปกคลุมไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด หดตัวเร็ว จะเร็วและแรงกว่าการหดตัวของหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งจะพบว่านักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็วและพลังของกล้ามเนื้อจะมีพันธุกรรมกำหนดให้มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า แต่พวกเขาก็จะเกิดการล้าเร็วกว่า ในทางตรงกันข้ามนักกีฬาที่มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ก็จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทน เนื่องจากพวกเขาสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่มีความเข้มข้นต่ำได้เป็นเวลานานกว่า ถึงแม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะถูกใช้ในกิจกรรมที่สั้นและเร็ว แต่ก็ไม่ใช้ความเร็วในการหดตัว แต่จะมาจากแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการที่ประสาทยนต์สามารถไประดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่าทำไมนักกีฬาประเภทที่ต้องใช้ความเร็ว จึงจำเป็นที่จะต้องฝึกเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ เพราะการฝึกเคลื่อนไหวที่ใช้พลังกล้ามเนื้อสูงจะไปกระตุ้นการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงทำให้นักกีฬาสามารถที่จะกระทำการเคลื่อนไหวที่เป็นแรงระเบิดและเร็วได้ โดยการจะระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดนั้นขึ้นยู่กับแรงต้านที่มากระทำ ถ้า แรงต้านปานกลางจนถึงต่ำก็จะมีการระดมระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นหลัก ซึ่งถ้ามีการเพิ่มแรงต้านมากขึ้นก็จะมีการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาใช้มากขึ้นตามในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว โดย ฟอคซ เบาเอส และ ฟอส อ้างถึงในบอมพา (Fox, Bowes, and Foss, 1989 cited in Bompa, 1999) ได้กล่าวว่า สัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีหลากหลายทั้งในกล้ามเนื้อมัดเดียวกันและคนละมัดซึ่งปกติแขนจะมีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่าขา โดยกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว 60 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ที่อยู่ในกล้ามเนื้อน่องจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัว

เร็วเพียง 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีเปอร์เซ็นต์ของ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากก็สามารถที่จะหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีบทบาทที่สำคัญกับนักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรง

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

1. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow twitch fibers, ST) เป็นเส้นใยที่หดตัวได้ช้า และสร้างแรงขึ้นได้น้อย แต่มีความอดทนต่อการล้าได้มาก เส้นใยชนิดนี้จะมีสีแดงเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนในรูปของไมโอโกลบินมาให้ และมีความสามารถในการผลิตสารสร้างพลังงาน ที่เรียกว่า อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต หรือ เอทีพี (Adenosine triphosphate หรือ ATP) ได้มาก จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิค (ใช้ออกซิเจน) จากคุณสมบัติเหล่านี้ เส้นใยชนิดนี้จึงเหมาะสมกับการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำ และใช้เวลานานๆ เช่นการวิ่งช้าๆ

2. เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch fibers, FT) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากแต่มีความอดทนต่อการล้าน้อย มีหายใจระดับเซลล์แบบแอโรบิคที่ต่ำ มีสีขาวเนื่องจากมีเส้นโลหิตฝอยอยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งทำหน้าที่ในการลำเลียงออกซิเจนมาให้ จึงเป็นเส้นใยที่เหมาะในการผลิตสารสร้างพลังงาน จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์แบบแอนแอโรบิค (ไม่ใช้ออกซิเจน) แต่ผลิตสารสร้างพลังงานได้เพียงช่วงสั้นๆ จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้หดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากจึงเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วและแรงในการเคลื่อนไหวเช่น การวิ่งเร็ว การกระโดด ซึ่งการออกกำลังกายที่หนักนี้ จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดการฉีกขาดได้ง่ายด้วย

3. เส้นใยชนิดผสม (Intermediate fibers) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและช้า โดยสามารถหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า แต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และมีสีแดงมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว แต่น้อยกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

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

ได้มีการแสดงว่าเส้นใยกล้ามเนื้อสามารถเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่งได้ เช่นการฝึกความอดทน (Endurance training) สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วกับเส้นใยชนิดผสม แต่ยังไม่มีหลักฐานที่เพียงพอที่จะบอกได้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว หรือชนิดผสมนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าได้หรือไม่ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า

นักกีฬาที่แข่งขันในระยะสั้นสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ และนักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวสามารถที่จะไปแข่งขันในระยะปานกลางได้ แต่นักกีฬาที่แข่งขันในระยะยาวไม่สามารถที่จะเปลี่ยนไปแข่งขันในระยะสั้นได้ แม้ว่าการฝึกความอดทน (Endurance training) จะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ แต่จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อนั้นจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรมเป็นหลัก

ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Types of muscle)

บอมพา (Bompa, 1999) ได้แบ่งชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อเป็น 3 ชนิดดังนี้

1. การทำงานแบบไอโซโทนิก (Isotonic) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Tonic” มาจากคำว่า “Tonikos” แปลว่า ความตึง (Tension) ดังนั้น ไอโซโทนิก จึงหมายถึง ความตึงตัวที่เท่ากัน (Equal tension) ซึ่งเป็นความตึงของน้ำหนักภายนอกที่เท่ากัน หรือคงที่ตลอดมุมของการเคลื่อนไหว (Range of motion) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.1 การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น (Concentric contraction) มาจากภาษาลาตินคือ Com-+ Centrum ซึ่งแปลว่า มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ดังนั้น การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นจึงหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวกล้ามเนื้อมีการหดตัวสั้นลง ซึ่งจะทำให้มีเกิดงานที่เป็นบวกในทางฟิสิกส์ เช่น การทำท่างอข้อศอก (Biceps curl) ในจังหวะที่มีการยกน้ำหนักเข้าหาตัว

1.2 การทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก (Eccentric contraction) หมายถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวกล้ามเนื้อมีการเหยียดตัวออก การหดตัวแบบนี้จะเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อในทางตรงกันข้ามกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น ซึ่งจะทำให้เกิดงานทางลบในทางฟิสิกส์ เช่น การทำท่างอข้อศอก (Biceps curl) ในจังหวะที่มีการยกน้ำหนักออกจากตัว เป็นผลให้ความยาวของกล้ามเนื้อกลับสู่ความยาวตอนเริ่มต้นอีกครั้ง และทำให้มุมของข้อศอกเพิ่มมากขึ้น

2. การทำงานแบบไอโซเมตริก (Isometric muscle action) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Metric” มาจากคำว่า “Meter” ซึ่งหมายถึง เมตร ที่แป็นหน่วยของการวัดความยาว ดังนั้นจึงบอกได้ว่าการทำงานแบบไอโซเมตริก หมายถึง การออกแรงต้านกับวัตถุที่อยู่นิ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความตึงที่สูงในกล้ามเนื้อโดยความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง หรือหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวคงที่ แต่ความตึงเปลี่ยนไปการทำงานของกล้ามเนื้อแบบนี้จะไม่มีการเปลี่ยนมุมของข้อต่อ และไม่มีงานเกิดขึ้นในทางฟิสิกส์เนื่องจากไม่มีระยะทางจากการเคลื่อนไหวเข้ามาเกี่ยวข้อง

3. การทำงานแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic contraction) โดย “Iso” มาจากคำว่า “Isos” แปลว่าเท่ากัน (Equal) และ “Kinetic” แปลว่าการเคลื่อนไหว รวมกันเป็นการเคลื่อนไหวเท่ากัน ดังนั้นจึงหมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วเท่ากันตลอดการเคลื่อนไหว การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติกจะต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถปรับความเร็วของการเคลื่อนไหวได้เท่ากันตลอดมุมของการเคลื่อนไหว โดยในขณะที่เคลื่อนไหวนั้น ทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก จะเกิดแรงต้านที่เท่ากัน นอกจากนี้การฝึกชนิดนี้จะทำให้กล้ามเนื้อออกแรงได้สูงสุดตลอดทั้งการเคลื่อนไหว ซึ่งการฝึกแบบอื่นทำไม่ได้

หน้าที่ของกล้ามเนื้อ (The role of muscles)

เนื่องจากโครงร่างของกระดูกและกล้ามเนื้อนั้น กระดูกจะถูกเชื่อมกันด้วยเอ็นยึดข้อต่อ (Ligament) และกล้ามเนื้อซึ่งวางค้อมข้อต่อเหล่านี้จะสร้างแรงขึ้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยแรงจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายๆมัดช่วยกัน ซึ่งวิลสัน (Wilson, 1994) ได้กล่าวถึงบทบาทของกล้ามเนื้อที่ต่างกันดังนี้

1. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (Agonistic or prime movers) เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) ในขณะทำท่างอข้อศอก (Arm curl exercise)

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

3. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดความมั่นคง (Stabilizers or Fixators muscle) กล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อชนิดนี้จะหดตัวแบบหดตัวเกร็งค้างไว้ หรือ การหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric) เป็นการช่วยยึดฐานให้นิ่ง เพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ในการทำท่างอข้อศอก (Arm curl exercise) กล้ามเนื้อที่หัวไหล่และที่ข้อมือ จะหดตัวแบบไอโซเมตริกเพื่อเป็นฐานที่มั่นคงให้กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้าหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบและความหมายของสมรรถภาพทางกาย (The components and the definition of fitness)

คอร์บิน และคณะ (Corbin et al, 2008) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) คือ ความสามารถของร่างกายในการปฏิงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สุขสมรรถนะ (Health - related physical fitness) มี 5 องค์ประกอบดังนี้

1.1 ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (Cardiorespiratory endurance)

1.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength)

1.3 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance)

1.4 ความอ่อนตัว (Flexibility)

1.5 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)

ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 5 นี้จะสัมพันธ์โดยตรงต่อมีสุขภาพที่ดีและลดการเกิดโรคที่เกิดจากการขาดการเคลื่อนไหว สอดคล้องกับ เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) ที่ได้กล่าวว่า เป้าหมายหลักของโปรแกรมการฝึกสุขสมรรถนะ เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆและเพิ่มสมรรถภาพทางกายที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานในกิจวัตรประจำวัน โดยใช้แรงพยายามน้อยที่สุดและมีอาการเหนื่อยล้าน้อยที่สุด

2. ทักษะสมรรถนะ (Sport or skill-related physical fitness) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ซึ่งนอกจากจะมีองค์ประกอบของสุขสมรรถนะแล้วจะต้องมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ด้วย

2.1 ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

2.2 ความสมดุลของร่างกาย (Balance)

2.3 การทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination)

2.4 พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power)

2.5 เวลาปฏิกิริยา (Reaction time)

2.6 ความเร็ว (Speed)

ดังนั้นจะพบว่าองค์ประกอบของทักษะสมรรถนะจะครอบคลุมองค์ประกอบของสุขสมรรถนะด้วย ซึ่งองค์ประกอบของทักษะสมรรถนะจะเกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางกายในการปฏิบัติงานทางการกีฬามากกว่าเพื่อการมีสุขภาพที่ดีในบุคคลทั่วไป

คอร์บิน และคณะ (Corbin et al, 2008) ได้อธิบายถึง ความหมายขององค์ประกอบแต่ละอย่างในสมรรถภาพทางกายดังนี้

1. ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (Cardiorespiratory endurance) หมายถึง ความสามารถของหัวใจ เส้นเลือด และระบบการหายใจ ในการที่จะลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ และยังหมายถึงความสามารถของกล้ามเนื้อในการรับปริมาณเลือดและออกซิเจนมาใช้ในการสร้างพลังงานเพื่อให้สามารถออกกำลังกายได้อย่างยาวนาน

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงต้านกับแรงภายนอก หรือสามารถที่จะยกน้ำหนักที่มากได้

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงได้หลายๆครั้ง

4. ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้นๆได้ตลอดและเต็มมุมของการเคลื่อนไหว (Range of motion) ตามเท่าที่มุมของการเคลื่อนไหวจะมีตามธรรมชาติ โดยจะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อความอ่อนตัวคือ ความยาวของกล้ามเนื้อ โครงสร้างของข้อต่อนั้นๆ และปัจจัยอื่นๆ

5. องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของ กล้ามเนื้อ กระดูก ไขมัน และอื่นๆ ที่มีอยู่ในร่างกาย

6. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนท่าทางของร่างกายได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำโดยไม่เสียการทรงตัว ซึ่ง เพรนทิส (Prentice, 1999) ได้กล่าว่า ความคล่องแคล่วว่องไวสามารถที่จะเพิ่มได้ด้วย 4 ปัจจัยดังนี้ พลังกล้ามเนื้อ เวลาปฏิกิริยา การทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัวในขณะเคลื่อนที่ (Dynamic flexibility)

7. ความสมดุลของร่างกาย (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความของสมดุลของร่างกายไม่ว่าจะในขณะที่ร่างกายมีการอยู่กับที่ หรือในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว

8. การทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) หมายถึง ความสามารถที่จะใช้ประสาทรับความรู้สึก (Senses) กับส่วนต่างๆของร่างกายในการปฏิบัติงานทางกลไก (Motor tasks) ได้อย่างถูกต้องและราบรื่น

9. พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายเทของพลังงานในกล้ามเนื้อให้เกิดเป็นแรงที่กล้ามเนื้อกระทำออกมาได้ด้วยอัตราที่เร็ว ซึ่ง เพรนทิส (Prentice, 1999) ได้กล่าว่า พลังกล้ามเนื้อ เป็นผลของความแข็งแรงและความเร็ว

10. เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) หมายถึง เวลาที่ถูกใช้ไปในระหว่าง การกระตุ้นและการเริ่มต้นที่จะตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นนั้น

11. ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่โดยใช้ช่วงระยะเวลาอันสั้น

การฝึกที่ส่งผลต่อองค์ประกอบแต่ละอย่างของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ (The influence of training on the components of muscular fitness)

1. ความแข็งแรง (Strength)

ชาร์เกย์และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่า ความแข็งแรง (Strength) จะมีความหมายเหมือนกับคำว่าแรง (Force) ซึ่งแรงหมายถึงความสามารถในการเคลื่อนวัตถุ ดังนั้นความแข็งแรงจึงหมายถึง แรงที่มากที่สุดจากการออกแรงของกล้ามเนื้อในหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ โดยการฝึกโดยใช้แรงต้านนั้นจะสามารถเพิ่มการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อและพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้จะพบว่าความแข็งแรงของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ชนิดหดตัวเร็ว และชนิดผสม จะเท่ากันเมื่อเทียบโดยที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากันแต่จะต่างกันที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และชนิดผสมจะสามารถสร้างแรงได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวเกี่ยวกับความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) ไว้ว่า ความสามารถของนักกีฬาที่จะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดได้นั้น ขึ้นอยู่กับการที่นักกีฬาสามารถเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางหรือพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง หรือกล่าวให้เจาะจงลงไปก็คือการเพิ่มของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อไมโอซิน (Myosin) และยังขึ้นอยู่กับความสามารถของ การไขว้บิดกัน

ระหว่างเอกติน และไมโอซินครอสบริดจ์ (Myosin cross-bridges) ซึ่งหมายถึงการที่สามารถระดมใช้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และสามารถปลุกระดม (Synchronize) ให้ใช้ทุกๆกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหวได้พร้อมๆกัน โดยขนาดของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับระยะเวลาในช่วงการฝึกเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ (Hypertrophy phase) ซึ่งจะเป็นช่วงของการฝึกเพื่อเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยไมโอซินและองค์ประกอบของโปรตีนที่สร้างขึ้นเป็นครอสบริดจ์ (Cross bridges) ของกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณ และช่วงเวลาของการฝึกในช่วงการฝึกเพิ่มความแข็งแรงสูงสุด ส่วนความสามารถในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะขึ้นอยู่กับทั้งวิธีการฝึกที่ฝึกโดยใช้แรงต้านสูงสุด และการฝึกที่เคลื่อนไหวในลักษณะพลังระเบิดของกล้ามเนื้อเป็นหลัก ซึ่งเป็นลักษะณะของการการฝึกความแข็งแรงที่สามารถระดมการใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การที่จะพัฒนาการระดมให้ใช้กล้ามเนื้อพร้อมๆกัน (Muscle synchronization) จะขึ้นโดยตรงกับการเรียนรู้ ซึ่งหมายถึงการฝึกท่านั้นซ้ำๆจนเกิดการเรียนรู้

การพัฒนาความแข็งแรงนั้นเป็นผลมาจากการสร้างความตึงให้กับกล้ามเนื้อ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับวิธีการฝึก และการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดเป็นผลมาจากการการระดมของหน่วยยนต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว เพราะฉะนั้นนักกีฬาจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่มากๆหรือเพิ่มน้ำหนักตัวให้มากเพื่อที่จะทำให้แข็งแรงขึ้น โดยทั้งการฝึกความแข็งแรงสูงสุด และพลังกล้ามเนื้อนักกีฬาควรเรียนรู้ที่จะเรียกใช้กล้ามเนื้อให้พร้อมเพียงกัน และควรมีการใช้แรงต้านที่สามารถระดมการใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วให้ได้มาก ซึ่งแรงต้านที่ใช้ฝึกควรมากกว่า 80 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปกับการฝึกช่วงการฝึกความแข็งแรงสูงสุด โดยเฉพาะวิธีการใช้แรงต้านสูงสุด ที่จะทำให้นักกีฬาสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดได้รวมไปถึงการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ ในการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้ง 3 รูปแบบ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกสามารถสร้างความตึงได้สูงสุดรองลงมา คือแบบไอโซเมตริกและแบบคอนเซ็นตริกตริกสอดคล้องกับวิลสัน (Wilson, 1994) ที่ได้กล่าวไว้ว่าการเกิดแรงมากที่สุดนั้นมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ เอ็คเซ็นตริก รองลงมาเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกตามลำดับ การออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดจะไม่กระทำภายใต้สภาวะที่อ่อนล้าเหมือนกับการฝึกสร้างกล้ามเนื้อ เนื่องจากการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดจะมีการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางที่ระดับสูงสุด เช่น การที่ต้องสร้างสมาธิจดจ่อ และ การสร้างแรงกระตุ้น ซึ่งการฝึกความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะพัฒนาเกี่ยวข้องไปยังระบบประสาทส่วนกลาง ดังนั้นจึงช่วยพัฒนาการทำงานประสานกันของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ (Muscle Coordination) รวมไปถึงการเรียกใช้กล้ามเนื้อโดยพร้อมเพียงกัน (Synchronization) โดยการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางที่ระดับสูงสุดนั้นนอกจากจะช่วยในการเรียกใช้กล้ามเนื้อโดยพร้อมเพียงกันแล้วยังช่วยในการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับการเคลื่อนไหว (Antagonistic muscle) ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการใช้แรงสูงสุด กล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะทำงานประสานไปในแนวเดียวกัน โดยจะไม่หดตัวมาต้านกับการเคลื่อนไหว ในสภาพปกตินั้นระบบประสาทส่วนกลางจะทำ

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

2. พลังกล้ามเนื้อ (Power)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้กล่าวว่าผู้เล่นที่สามารถเร่งความเร็วได้ดีกว่าก็จะมีความเร็วไปถึงความเร็วสูงสุดก่อนคู่แข่ง ซึ่งสิ่งที่ทำให้สามารถเร่งความเร็วได้ดีกว่าก็คือการที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นเอง ซึ่งพลังกล้ามเนื้อหมายถึง อัตราการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยพลังกล้ามเนื้อแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ ดังความสัมพันธ์ของงาน (Work) กับความแข็งแรง (Strength) และอัตราเร็ว (Velocity) ดังนี้

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

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

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

ดังนั้น

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

หรือ

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

ดังนั้นจากสมการจึงทำให้เข้าใจว่าการที่นักกีฬามีความแข็งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อมากขึ้น นักกีฬาจึงต้องมีความแข็งแรงที่มากพอเพื่อที่จะสร้างพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงควรที่จะใช้ความเร็วในการฝึกเช่นเดียวกับความเร็วในการแข่งขัน

โอ'เช (O'Shea, 2000) ได้กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ คือความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว ดังนั้นถ้ามีพลังกล้ามเนื้อมากก็จะทำให้มีความสามารถในการเร่งความเร็วมากขึ้นด้วย เพราะฉะนั้น นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงก็จะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเพิ่มความเร็วได้อย่างรวดเร็ว เพราะฉะนั้นในการแข่งขันกีฬา เมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมด พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็น

ผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อจึงเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ทำให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ

ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อจึงไม่สามารถแยกออกจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการ ดังนี้

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

บอมพา (Bompa, 1999) ได้อธิบายรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่จำเป็นต้องใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขันซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬาดังนี้

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

- พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80-100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6-8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น ในขณะลงสู่พื้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทำงานแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมต่างๆ และกีฬาแร็คเก็ต (Racket) นอกจากนั้นจะพบว่า ในขณะลงสู่พื้นกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าไม่มีการฝึกที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการลงสู่พื้นในลักษณะที่ผิดและก่อให้เกิดการบาดเจ็บ เนื่องจากการลงสู่พื้นจะก่อให้เกิดความตึงที่สูงซ้ำๆ ทั้งกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในกิจกรรมการลงสู่พื้นและเนื้อเยื่อยืดหยุ่นของเอ็นกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงควรมีการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกรวมไปถึงการฝึกพลัยโอเมตริก

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

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

- พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายๆชนิด ที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่ จะเป็นตัวชี้ถึงผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า ดังนั้นความสามารถของนักกีฬาในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มากในการเริ่มเคลื่อนที่ด้วยแรงระเบิดจะเป็นลักษณะพื้นฐานทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬา

- พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภทีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต เช่น ฟุตบอล วอลเลย์บอล และเทนนิส ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้ หรือมีการชะลอความเร็วอย่างรวดเร็วสลับกับการเร่งความเร็ว หรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทางหรือกระโดดต่อ ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่งที่เร็วการพัฒนากล้ามเนื้อเพื่อชะลอความเร็วอย่างรวดเร็วจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่งซึ่งความสามารถในการรับแรงกระแทกจากการวิ่งนี้จะต้องการพลังกล้ามเนื้อ และมุมในการงอขา ซึ่งคล้ายกับการลดแรงกระแทกจากการลงสู่พื้น โดยการฝึกกล้ามเนื้อเพื่อให้ชะลอความเร็วอย่างรวดเร็ว นักกีฬาควรที่จะใช้รูปแบบการฝึกดังเช่น การฝึกกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกพลัยโอเมตริก

- พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วโดยการเพิ่มแรงกดของเท้าดันต้านกับพื้นวิ่งได้มากขึ้น หรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้ ซึ่งการฝึกพลังกล้ามเนื้อเช่น การฝึก พลัยโอเมตริก จะสามารถการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงส่งผลให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วได้ในระดับสูงตามที่ต้องการ

3. ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว (Reaction time, Quickness andSpeed)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้กล่าวถึงความหมายของปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็วดังนี้

3.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ที่มีการกระตุ้นจนกระทั่งมีการเคลื่อนไหวเพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้น ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลจะตีลูกเบสบอล เมื่อผู้ขว้างได้ขว้างลูก ผู้ตีลูกก็จะได้รับสิ่งกระตุ้นซึ่งจะเกิดกระบวนการรับรู้ว่าบอลจะมาทางไหน และควรจะ

ตีลูกไปทางไหน จากเหตุการณ์นี้ผู้ตีลูกจะได้รับข้อมูลจากสิ่งกระตุ้น โดยการส่งสัญญานจากสมองเป็นกระแสประสาทไปกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัวเพื่อที่จะตีลูกบอล แม้ว่าเราอาจจะไม่สามารถลดเวลาในการตอบสนองได้ แต่การฝึกและประสบการณ์จะทำให้นักกีฬารับรู้ข้อมูลจากสิ่งกระตุ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากประสบการณ์ผู้ตีจะสามารถแยกแยะลูกที่ขว้างมามีความแตกต่างอย่างไร รวมไปถึงมีความสามารถในการตัดสินใจที่รวดเร็วว่าควรจะตีลูกเมื่อไหร่และที่ใด

3.2 ความไว หมายถึง การรวมกันของปฏิกิริยาตอบสนองและพลังกล้ามเนื้อเมื่อเริ่มเคลื่อนไหวในการตอบสนองของสิ่งกระตุ้น จึงเป็นการตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในพื้นที่ที่มีการเคลื่อนไหวที่น้อยหรือในระยะทางอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าวของนักกีฬาวอลเลย์บอลในจังหวะการขึ้นบล็อก หรือการเข้าไปตีลูก ซึ่งความเร็วเริ่มต้นของนักกีฬาจะขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อมากก็สามารถที่จะสร้างความเร่งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งความเร่งนี้จะขึ้นอยู่กับแรงของกล้ามเนื้อที่ได้จากการฝึก และจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและชนิดผสมที่ถูกระดมมาใช้นั้น ซึ่งจำนวนของเส้นใยทั้งสองชนิดนี้จะมีมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับพันธุกรรม นอกจากนี้องค์ประกอบที่สำคัญคือการระดมของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อตามลำดับที่เหมาะสม ซึ่งมาจากการฝึกฝนและประสบการณ์หรือการเรียนรู้ของผู้ฝึกเอง

3.3 ความเร็ว หมายถึง ความเร็วที่มากที่สุดที่ทำได้ ซึ่งความเร็วจะเป็นส่วนต่อจากปฏิกิริยาตอบสนองและความไว หรือหมายถึงความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด นักกีฬาวิ่งระยะสั้นจะต้องการทั้งปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว ส่วนนักกีฬาวิ่งระยะกลางระยะทาง 400-1600 เมตรจะไม่ต้องการปฏิกิริยาตอบสนอง และความไวมากนัก แต่จะต้องการความเร็วที่มากพอตลอดระยะทางที่แข่งขัน

โดยจากองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อที่กล่าวมาทั้งสามองค์ประกอบ คือความแข็งแรงพลังกล้ามเนื้อ และความเร็ว ซึ่งพบว่าจะมีความความสัมพันธ์กันดังที่เจริญ กระบวนรัตน์ (2541) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ทั้งสามองค์ประกอบไว้ว่า

- ในการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าด้วยความเร็วจำเป็นต้องอาศัยพลังและความแข็งแรงเป็นองค์ประกอบสำคัญ นักกีฬาที่มีแค่ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว แต่ขาดพลังระเบิด ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกตัวหรือเปลี่ยนจังหวะในการปรับเร่งความเร็วในการเคลื่อนไหวผลก็คือ ความเร็วต้นในการวิ่งระยะสั้นไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็วในการวิ่งจำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อควบคู่กันไป

- การเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถกระทำได้โดยการพิจารณาเลือกวิธีใช้และแบบฝึกให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่บุคคล

- ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการฝึกความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อขา ตลอดจนความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

การฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งคิดค้นเพื่อนำมาเสริมสร้างกำลังความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อที่จำเป็นต่อการพัฒนาความเร็วในการวิ่งระยะสั้น (Improve speed) ร่วมกับโปรแกรมฝึกอื่นๆ ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการฝึกพลัยโอเมตริก นั้นรวมไว้ซึ่งขบวนการยืดตัว (Pre-stretching) เตรียมพร้อมก่อนที่จะหดตัวออกแรงอย่างเต็มที่ของกล้ามเนื้อ เพื่อการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้กำลังความแข็งแรงตลอดจนความเร็วสูงสุดในแต่ละจังหวะของการปฏิบัติงาน การฝึกเพิ่มกำลังความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยวิธีดังกล่าวนี้ ควรนำมาฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และควรใช้ฝึกกับนักกีฬาที่มีสมรรถภาพร่างกายสมบูรณ์เพียงพอ นอกจากนี้ เนตร ทองธาระ (2545) ยังได้กล่าวว่า การเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลังให้กล้ามเนื้อ ซึ่งจะมีผลทำให้แรงถีบยันเท้าส่งตัวในแต่ละก้าวของการวิ่งเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ช่วงก้าวในการวิ่งยาวขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มอัตราความเร็วในการก้าวเท้าและการวิ่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การฝึกด้วยน้ำหนัก หรือการออกแรงกระทำกับแรงต้านทานในรูปแบบต่างๆ จึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยพัฒนาเสริมสร้างความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางด้านความเร็วในการเคลื่อนไหวให้กับนักกีฬาหรือการวิ่งได้

4. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance and Power endurance)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้กล่าวถึงความหมายของความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อดังนี้

4.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวด้วยระดับเกือบสูงสุด (Submaximal contractions) ได้อย่างยาวนานโดยปราศจากอาการอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด ซึ่งความอดทนของกล้ามเนื้อจะมีความสำคัญในหลายๆชนิดกีฬา ดังนั้นถ้ากีฬานั้นเกี่ยวข้องกับการใช้ความอดทนของกล้ามเนื้อ ก็ควรที่จะฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อให้เฉพาะเจาะจงกับกีฬาชนิดนั้น

4.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติทักษะได้หลายๆครั้งด้วยความเร็วที่มากพอ ซึ่งสามารถวัดได้จากจำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด โดยกีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (Medium load over a few minutes) และต้องการพลังความทนทานของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (Medium-term power endurance) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำ และกีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (Light load over a few minutes) และต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (Long-term power endurance) ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเลย์บอล บาสเกตบอล และแบดมินตัน เป็นต้น ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงครั้งเดียวในระยะเวลาอันสั้น (Short put) และต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (Short-term power endurance) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิส การฝึกพลังความอดทนของกล้ามเนื้อจะช่วยเพิ่มการสร้างพลังของกล้ามเนื้อจากการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสันดาปในการผลิตพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยการฝึก

พลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน จะช่วยทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งหมายความว่าสามารถพัฒนาได้ทั้งความอดทน และการฟื้นฟูอาการล้าด้วย

5. การทรงตัว (Balance)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ได้แบ่งการทรงตัวเป็น 2 ประเภทดังนี้

5.1 การทรงตัวขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance) หมายถึงความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่เคลื่อนไหวอยู่ โดยไม่เสียหลัก

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกาย ในขณะที่อยู่กับที่

ซึ่งการทรงตัวของทั้ง 2 ประเภทจะขึ้นอยู่กับความสามารถของการรับความรู้สึกทั้ง 3 รูปแบบในการประมวลผลเกี่ยวกับตำแหน่งของร่างกาย และการทรงตัว ได้แก่ ตัวรับความรู้สึกจากการมองเห็น มีตัวรับความรู้สึกอยู่ที่หูชั้นใน และตัวรับความรู้สึกภายในกล้ามเนื้อและข้อต่อ

เนื่องจากการทรงตัวจะมีความสัมพันธ์ที่เฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติงานแต่ละชนิดมาก ดังนั้น การทรงตัวจะถูกพัฒนาได้ดีที่สุดจากการฝึกที่เฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติงานนั้นๆ เช่น ในกีฬายิมแนสติค จะมีการทำฐานให้กว้างขึ้น และลดจุดศูนย์ถ่วงลง เป็นต้น

6. ความอ่อนตัว (Flexibility)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006)ได้กล่าวว่าความอ่อนตัว คือ มุมของการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อนั้นๆสามารถเกิดเคลื่อนไหวได้ ซึ่งมุมของการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของข้อต่อจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อต่อแต่ละชนิด และความสัมพันธ์ของเอ็นกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อ และเอ็นข้อต่อ นอกจากนี้ความความอ่อนตัวยังขึ้นอยู่กับ เพศ ลักษณะนิสัย และการยืดเหยียดของข้อต่อรวมไปถึงโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้องกับข้อต่อ การฝึกความอ่อนตัวจะช่วยเพิ่มมุมของการเคลื่อนไหวข้อต่อซึ่งจะทำให้ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดการบาดเจ็บจากการที่กล้ามเนื้อถูกแรงมากระทำมากกว่าระดับสูงสุดที่จะรับแรงได้ นอกจากนี้การที่มีอาการตึงของกล้ามเนื้อ ก็อาจจะทำให้นักกีฬาไม่สามารถแสดงความสามารถออกสูงสุดออกมาได้ กล้ามเนื้อที่มีการยืดเหยียดมาดีนั้นจะเคลื่อนที่ในมุมของการเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่นและใช้พลังงานที่น้อยจึงส่งผลให้นักกีฬาแสดงความสามารถได้ดีกว่า ระดับของความอ่อนตัวจะมีความแจาะจงกับกีฬาชนิดนั้นๆและหลักการโดยทั่วไปก็คือ นักกีฬาควรที่จะมีความอ่อนตัวมากกว่าที่จะต้องใช้ในกีฬาชนิดๆเล็กน้อย การมีความอ่อนตัวที่มากเกินไปก็ใช่ว่าจะดีเสมอไป เนื่องจากความอ่อนตัวจะแปรผกผันกับความมั่นคงของข้อต่อ ซึ่งหมายความว่านักกีฬาที่มีความอ่อนตัวมากเกินจำเป็นต่อชนิดกีฬานั้นข้อต่อของนักกีฬาก็จะมีความมั่นคงน้อยและนักกีฬาก็จะมีแนวโน้มที่จะบาดเจ็บได้มากกว่าด้วย

7. ความคล่องแคล่ววองไว (Agility)

ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่า ความคล่องแคล่ววองไว หมายถึงความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วหรือทิศทางได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสมโดยไม่สูญเสียการทรงตัว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความไว ปฏิกิริยา

ตอบสนอง การทรงตัว และความอ่อนตัว สอดคล้องกับบอมพา (Bompa, 1999) ที่ได้กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว จะเกิดจากการทำงานสนับสนุนกันด้วยองค์ประกอบสี่ส่วนคือ ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และการทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดย ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill) ได้กล่าวว่า การฝึกการเคลื่อนไหวที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดกีฬานั้นๆ จะช่วยเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวได้โดยการลดเวลาในการรับรู้ เนื่องจากเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะเดิมนอกจากนี้ยังเป็นการฝึกใช้เส้นใยกล้ามเนื้อ และพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงกับการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดนั้นๆ ควรจะฝึกความคล่องแคล่วว่องไวในช่วงต้นของการฝึก และนักกีฬาที่มีปัญหาด้านนี้ก็ให้เล่นเกม หรือกีฬาที่ต้องมีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วในระหว่างที่อยู่นอกฤดูการฝึก นอกจากนี้ เวิร์สทติเจิน และมาเซลโล (Verstegen and Marcello, 2001)ได้กล่าวว่านักกีฬาที่มีความคล่องแคล่วว่องไวจะทำให้มีปฏิกิริยาโต้ตอบต่อสิ่งกระกระตุ้น ทำให้มีการออกตัวที่เร็ว และมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการเคลื่อนไหวในทิศทางที่ถูกต้อง และทำให้พร้อมที่จะเปลี่ยนทิศทางหรือหยุดได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้การเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬามีความเร็ว ราบรื่น และมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งความคล่องแคล่วว่องไวออกได้ 3 ประเภท คือ

- การเปลี่ยนแปลงทิศทางของร่างกายในแนวนอน (Horizontal) เช่น การทำท่าทางหลอกคู่ต่อสู้ การหลบ

- การเปลี่ยนแปลงทิศทางของร่างกายในแนวตั้ง เช่น การกระโดด

- การเคลื่อนไหวของอวัยวะที่ควบคุมอุปกรณ์ในการเล่นกีฬา เช่น การตีเทนนิส

จากองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายทั้งหมดนั้น จะพบว่ามีอยู่หลายองค์ประกอบที่เชื่อมโยงไปถึงการแสดงทักษะทางกีฬา เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว พลังกล้ามเนื้อ และความเร็วเป็นต้น โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ดังนั้นถ้านักกีฬามีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดี ก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการแสดงทักษะทางกีฬาออกมาได้อย่างดี สัมพันธ์กับ แอนเชล (Anshel, 1990) ที่ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของสมรรถภาพทางกายกับการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬาว่า ในการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬาในขณะแข่งขันจะขึ้นอยู่กับสามองค์ประกอบด้วยกัน ก็คือสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา (Physical fitness and sport skills) สมรรถภาพทางจิต (Mental fitness) และสิ่งแวดล้อม (Environment) ถ้าขาดองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งไปก็จะทำให้นักกีฬาไม่สามารถแสดงความสามารถออกมาได้อย่างเต็มที่ โดยสมรรถภาพทางกายและทักษะจะเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดสำหรับนักกีฬาในระดับที่เพิ่งเริ่มเล่น แต่เมื่อความสามารถของนักกีฬาได้รับการพัฒนาสูงขึ้น มีประสบการณ์จากการแข่งขันที่มีความกดดันมากขึ้น ความสามารถในการควบคุมจิตใจ ความคิด และอารมณ์ ที่เรียกว่าสมรรถภาพทางจิตนี้ จะต้องได้รับการฝึกฝน และพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการฝึกสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา ส่วนสิ่งแวดล้อมจะเป็นองค์ประกอบสุดท้ายที่มีอิทธิพลต่อการแสดงความสามารถสูงสุดของนักกีฬา เพราะเมื่อร่างกายและจิตใจมีความพร้อม แต่สิ่งแวดล้อมภายนอกอื่นๆไม่พร้อม ก็จะทำให้ผลการแข่งขันออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

ความสำคัญของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอล

คาร์เตอร์ (Carter,2001) กล่าวว่า วอลเลย์บอลเป็นเกมกีฬาที่ต้องใช้ทั้งทักษะ และกลยุทธ์ โดยหนึ่งในทักษะก็คือการที่สามารถควบคุมลูกบอลไปยังตำแหน่งที่ต้องการด้วยความสูง ทิศทาง และความเร็ว ที่เหมาะสม รวมไปถึงการที่นักกีฬาจะต้องใช้จังหวะที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ หรือกระโดดเพื่อโจมตีหรือป้องกันลูกบอล อีกทั้งยังต้องสามารถที่จะตอบสนองต่อการรับลูกจากฝ่ายตรงข้ามได้อย่างรวดเร็วในทิศทางที่เหมาะสม ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของโปรแกรมการฝึกพัฒนาสมรรถภาพ ทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอลก็คือการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive power) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) รวมไปถึงการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงในการแสดงทักษะของกีฬาวอลเลย์บอล (Volleyball-specific endurance) ซึ่งโค้ชจะต้องสามารถออกแบบโปรแกรมการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ที่ต้องสัมพันธ์กับระบบพลังงาน รูปแบบการเคลื่อนไหวและพลังของกล้ามเนื้อในกีฬาวอลเลย์บอล

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

จากกการพิจารณารูปแบบการเคลื่อนไหวที่สำคัญในนักกีฬาวอลเลย์บอล พบว่าจะต้องมีการจู่โจม การป้องกัน และการรับลูก ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน ดังนั้นการที่นักกีฬาจะสามารถเข้าทำการเคลื่อนไหวเหล่านี้ได้อย่างเหมาะสมนักกีฬาจะต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหว (Basic motor skills) ในการเปลี่ยนทิศทาง การออกเคลื่อนที่ การหยุด การหลบหลีก และการกระโดด เพราะฉะนั้นการฝึกฝนความคล่องแคล่วว่องไว จึงควรเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกายด้วย โดยจะพบว่าสนามวอลเลย์บอลในแต่แดนมีขนาด 81 ตารางเมตร ดังนั้นการฝึกวิ่งทิศทางตรงไปข้างหน้าอย่างเดียว จึงไม่เฉพาะเจาะจงในการฝึกนักวอลเลย์บอล และยังพบว่าค่าเฉลี่ยของการก้าวไปในทิศทางต่างๆจะอยู่ที่ประมาณ 2-3 ก้าว จึงทำให้รู้ว่านักกีฬาจะต้องสามารถ ออกเคลื่อนที่ หยุดการเคลื่อนที่ และเปลี่ยนทิศทางได้อย่างรวดเร็ว โดยการที่จะต้องเคลื่อนไปด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้าง รวมไปถึงมุมทะแยงทั้ง 4 ทิศรอบตัว และยิ่งไปกว่านั้นยังต้องสามารถที่จะเคลื่อนไหวจากแนวนอนไปสู่แนวตั้งได้อย่างรวดเร็ว โดยสรุปแล้วจึงกล่าวได้ว่า ขนาดของสนาม และรูปแบบในการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการแข่งขัน จะช่วยแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวต่างๆและลักษณะการก้าวเท้าที่สำคัญ เพื่อใช้ในการออกแบบการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาวอลเลย์บอล

พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive power)

นอกจากความคล่องแคล่วว่องไว แล้วสิ่งที่สำคัญอีกอย่างในโปรแกรมการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกายคือ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ โดยถึงแม้ว่าความเร็ว (Speed) จะไม่ได้เกี่ยวข้อง แต่ความสามารถในการเร่งความเร็ว (Ability to accelerate) นั้นมีสำคัญมากกับชนิดกีฬานี้ ยิ่งนักกีฬามี พลังระเบิดของกล้ามเนื้อมากเท่าไหร่ ก็จะยิ่งมีความสามารถในการเร่งความเร็วมากขึ้นเท่านั่น โดยจะพบว่านักกีฬาชั้นนำสามารถเคลื่อนที่ถึงความเร็วสูงสุดได้ด้วยเพียงการก้าว 2-3 ก้าวจากการหยุดนิ่ง ซึ่งมาจากการที่มีความสามารถในการสร้างความเร่งอย่างรวดเร็วนั้นเอง นอกจากนี้วอลเลย์บอลยังเป็นเกมที่นักกีฬาต้องใช้ความสามารถในการชะลอความเร็ว (Deceleration) ด้วย ซึ่งหมายถึง การที่นักกีฬาควรที่จะมี

ความสามารถในการหยุดอย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กและสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงทิศทางได้อย่างรวดเร็ว

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันที่ว่า แรง (Force) = มวล (Mass) × ความเร่ง (Acceleration) หรือ ความเร่ง = แรง ÷ มวล ดังนั้นถ้ามีการสร้างแรงได้มากเท่าไหร่ ก็ยิ่งทำให้มีความเร่งมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้การพัฒนาของพลังกล้ามเนื้อ นอกจากจะสำคัญต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวแล้วยังสำคัญต่อการเพิ่มความสามารถในการกระโดดด้วย โดยทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก (Eccentric contraction) และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น (Conncentric contraction) จะเกิดขึ้นขณะนักกีฬากำลังแสดงทักษะต่างๆในการเล่นกีฬาอยู่ ซึ่งจะต้องการอัตราการสร้างแรงสูงสุด (Maximum rate of force development) ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก แล้วตามด้วยการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น จะเรียกว่าวงจรการยืดเหยียดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Stretch shortening cycle) โดยเมื่อนักกีฬามีการมีการกระโดดหรือเปลี่ยนแปลงทิศทางอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออกของกล้ามเนื้อรอบข้อต่อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า โดยเมื่อกล้ามเนื้อเหล่านี้มีการถูกยืดเหยียดออกจะทำให้เกิดพลังงานยืดหยุ่น (Elastic energy) ขึ้น เพื่อเป็นการช่วยทำให้กล้ามเนื้อกลับมาสู่สภาวะความยาวปกติ เหมือนกับเส้นยางที่ถูกยืด ที่เมื่อปล่อยจากการกระทำแล้วก็จะดึงตัวเองกลับสู่รูปเดิมทันที ดังนั้นถ้ายิ่งมีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเร็วขึ้นเท่าไหร่หลังจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก ก็จะยิ่งทำให้เกิดแรง และพลังของกล้ามเนื้อมากขึ้นเท่านั้น

การฝึกฝนเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาวอลเลย์บอลจะถูกแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ การฝึกพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ และการฝึกความคล่องแคล่วว่องไว โดยการฝึกฝนทั้ง 2 ประเภทนั้นจะต้องมีการเคลื่อนไหวที่ต้องการแรงระเบิด และเกี่ยวข้องกับวงจรการยืดเหยียดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่นในการฝึกพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อจะต้องมีการย่อตัวลงก่อนการกระโดดจะทำให้เกิดการเหยียดออกของทั้งกล้ามเนื้อ และเส้นเอ็นรอบข้อต่อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า จะก่อให้เกิดพลังงานยืดหยุ่นขึ้นภายในกล้ามเนื้อเหล่านี้ ดังนั้นถ้ายิ่งมีทิศทางของการกระโดดในทางตรงกันข้ามกับการย่อตัวลงก็จะยิ่งเกิดแรงมากขึ้นเท่านั้น จึงส่งผลทำให้นักกีฬากระโดดได้สูงขึ้น รวมไปถึงการเคลื่อนไหวของการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวด้วยที่จะต้องใช้วงจรการยืดเหยียดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากนักกีฬาจะต้องมีการหยุดอย่างรวดเร็วเพื่อที่จะเปลี่ยนทิศทาง จะทำให้เกิดการเหยียดออกของทั้งกล้ามเนื้อ และเส้นเอ็นรอบข้อต่อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า จึงก่อให้เกิดพลังงานความยืดหยุ่นขึ้นภายในกล้ามเนื้อเหล่านี้ ดังนั้นยิ่งนักกีฬามีการเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางจากการหยุดได้เร็วเท่าไหร่ก็ยิ่งเกิดแรงมากขึ้นเท่านั้น เป็นผลทำให้นักนักกีฬาสามารถเคลื่อนที่ต่อจากการหยุดด้วยความเร่งมากขึ้น

เฮดริค (Hedrick, 2007) ได้กล่าวว่า วอลเลย์บอลเป็นเกมที่มีลักษณะเด่นชัดคือ เป็นเกมที่ต้องใช้ความคล่องแคล่วว่องไว ความแข็งแรงและพลังเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นในการเล่นกีฬาวอลเลย์บอลผู้เล่นต้องมีทักษะพื้นฐานที่ดี ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการเตรียมพร้อม ทักษะการเคลื่อนตัว ทักษะการเล่น

บอลสองมือล่าง ทักษะกับการเล่นลูกสองมือบน ทักษะการเสิร์ฟ การตบ และการสกัดกั้น และทักษะการเล่นทีม ดังนั้นนักกีฬาวอลเลย์บอลจึงต้องมีสมรรถภาพทางกลไก คือการทรงตัว ความอ่อนตัว ความคล่องแคล่วว่องไว ความแข็งแรง กำลังและความทนทานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

การวิเคราะห์ความสำคัญของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอล (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2548)

ความอดทนแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Endurance)

เป็นสมรรถภาพพื้นฐานของนักกีฬาทุกประเภท เพราะจะทำให้สามารถการแข่งขันได้เป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ยังทำให้มีประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกาย หรือหายเหนื่อยได้อย่างรวดเร็ว โดยแหล่งพลังงานที่ใช้มาจากระบบแอโรบิก (Aerobic System)

ความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Endurance)

กีฬาวอลเลย์บอลจะมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วในช่วงระยะเวลาสั้นๆรวมไปถึงการใช้พลังกล้ามเนื้อในการกระโดด ตลอดเกมการแข่งขัน ซึ่งจะเป็นการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาเพื่อให้ร่างกายอดทนต่อสภาวะการเกิดกรดแลคติก (Lactic Acid) ซึ่ง กรดแลคติกนั้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้า (Fatigue)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักกีฬาทุกประเภท ซึ่งในกีฬาวอลเลย์บอลนั้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนจะช่วยเพิ่มแรงในการตบลูก ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะเพิ่มความสามารถในการกระโดด และยังช่วยป้องกันการบาดเจ็บและสามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น

พลังกล้ามเนื้อ (Power)

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในกีฬาวอลเลย์บอล คือ พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take–off power) ซึ่งการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อชนิดนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการกระโดด เพื่อเล่นลูกเหนือตาข่ายในเกมรุก และกระโดดเพื่อสกัดกั้นในเกมรับ นอกจากนี้ยังต้องใช้พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้น (Landing power) เพื่อลดแรงกระแทกในขณะที่ลงสู่พื้น

ความเร็ว (Speed)

กีฬาวอลเลย์บอลจะไม่ได้ใช้ความเร็วสูงสุด แต่จะใช้ความเร็วในช่วงสั้นๆเป็นพิเศษ จึงควรฝึกความเร็วระยะสั้นเป็นสำคัญลำดับความสำคัญที่จะใช้พัฒนาความเร็วในกีฬาวอลเลย์บอลมีดังนี้

1. ความสามารถในการออกวิ่ง
2. การเร่งความเร็ว
3. ความถี่ในการก้าวเท้า
4. ความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน
5. ความยาวของช่วงก้าว

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวช่วยเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

ความอ่อนตัว (Flexibility)

การพัฒนาความอ่อนตัวจะเพิ่มมุมของการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อนั้นๆ ทำให้ลดการเสี่ยงการบาดเจ็บจากการฉีกขาดของกล้ามเนื้อและช่วยเพิ่มความสามารถทางการกีฬา โดยเฉพาะความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ที่มีความสำคัญสำหรับกีฬาวอลเลย์บอล

ปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time)

การพัฒนาปฏิกิริยาระหว่าตากับมือจะเพิ่มความสามารถรับลูกตบจากคู่แข่งขัน

แนวคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อให้เกิดความสามารถสูงสุดในนักกีฬา

บอมพา (Bompa, 2001) ได้กล่าวว่านักกีฬาที่มีการวางแผนโปรแกรมการฝึกย่อมมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายได้ดีกว่านักกีฬาที่ไม่ได้วางแผนโปรแกรมการฝึก นอกจากนี้การวางแผนโปรแกรมการฝึกที่มีประสิทธิภาพก็จะช่วยทำให้นักกีฬามีการพัฒนาความสามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยจะขึ้นอยู่กับการฝึกแบบกำหนดช่วง (Periodization) ซึ่ง “Periodization” จะมาจากคำว่า “Period” ที่หมายถึง ระยะเวลาหนึ่ง แต่ในกรณีนี้จะหมายถึง ระยะเวลาของการฝึกที่มีการฝึกเฉพาะของแต่ละระยะเวลา หรือเป็นการวางแผนระยะยาวของการฝึก ซึ่งจะประกอบด้วย 2 รูปแบบ

1. การฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปี (Periodiazation of the annual plan) ซึ่งเป็นการแบ่งของการฝึกรอบปีให้เป็นระยะการฝึกย่อยๆเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถแบ่งประเภทตามจำนวนครั้งที่แข่งขันหรือตามความเหมาะสมดังนี้

1.1 หนึ่งวงจรฝึก (A mono cycle) เหมาะกับนักกีฬาที่มีการแข่งขันครั้งเดียวในแผนการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปี และเหมาะสมกับนักกีฬาที่อายุยังน้อย ประโยชน์ของหนึ่งวงจรฝึกคือมีช่วงระยะเตรียม (Preparatory phase) ที่ยาว มีความเครียดจากการแข่งขันน้อยทำให้โค้ชสามารถพัฒนาทักษะและพัฒนาสมรรถภาพทางกายได้อย่างเต็มที่

1.2 สองวงจรฝึก (A bi cycle) เหมาะกับนักกีฬาที่มีการแข่งขันสองครั้งในแผนการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปี และเหมาะสมกับนักกีฬาที่แข่งขันระดับชาติ และในการวางแผนแบบนี้ก็ยังควรที่จะมีระยะเตรียม (Preparatory phase) ที่ยาวเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อที่จะฝึกทักษะและสมรรถภาพทางกาย

1.3 สามวงจรฝึก (A tri-cycle) และหลายๆวงจรฝึก (A multipeak plan) ซึ่งการวางแผนสามวงจรฝึกจะเหมาะกับนักกีฬาที่มีการแข่งขันสามครั้งในแผนการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปี ส่วนการวางแผนหลายๆวงจรฝึกจะเหมาะกับนักกีฬาที่มีการแข่งขันหลายๆครั้งในแผนระยะยาวของการฝึกรอบปี นอกจากนี้การวางแผนฝึกทั้ง 2 แบบนี้ยังเหมาะกับนักกีฬาระดับสูงที่การแข่งขันระดับนานาชาติ ซึ่งนักกีฬาจะมีพื้นฐานที่ดีเยี่ยมอยู่แล้ว

โดยไม่ว่าจะมีกี่วงจรฝึก ทุกๆวงจรฝึกจะประกอบไปด้วย 3 ระยะเวลาพื้นฐานดังนี้คือ

- ระยะเตรียม (Preparation phase)

มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายพื้นฐาน พัฒนาความสามารถทางกลไกในแต่ละชนิดกีฬา พัฒนาด้านจิตวิทยาที่เฉพาะเจาะจง พัฒนาและปรับปรุงเทคนิค และเพื่อให้นักกีฬาคุ้นเคยกับพื้นฐานการฝึกของระยะการฝึกถัดไป

- ระยะแข่งขัน (Competition phase)

มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถทางกลไกและจิตวิทยาที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดกีฬานั้นๆ เพื่อให้มีเทคนิคการเล่นที่สมบูรณ์ และเพื่อให้มีกลยุทธ์และมีประสบการณ์ในการแข่งขัน

- ระยะการส่งผ่าน (Transition period)

มีจุดประสงค์เพื่อลดอาการล้าทั้งทางร่างกายและจิตใจ และเตรียมพร้อมที่จะเริ่มต้นการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปีอีกครั้ง

2. การฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อพัฒนาความสามารถทางกลไก (Periodiazation of the motor abilities) เช่น ความแข็งแรง ความเร็ว และ ความอดทน ซึ่งการวางแผนระยะยาวของการฝึกแบบนี้จะต้องทำการวางแผนเรียงลำดับวิธีการฝึกในแต่ละระยะ นอกจากนี้การวางแผนรูปแบบนี้ยังมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถทางกลไกที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬาชนิดนั้นๆด้วย เช่น พลังกล้ามเนื้อ พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ

การฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

บอมพา (Bompa, 2001) ได้กล่าวว่าในระหว่างช่วงการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปีนั้น แผนการและวิธีการฝึกความแข็งแรงจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของกีฬาแต่ละชนิด โดยถึงแม้ว่าสิ่งที่สำคัญสำหรับกีฬาหลายๆชนิดคือพลังกล้ามเนื้อ แต่ความอดทนของกล้ามเนื้อก็เป็นสิ่งที่สำคัญด้วยเช่นกัน พลังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงโดยใช้เวลาให้สั้นที่สุด และเป็นจากการรวมกันของความเร็ว หรือความไวกับความแข็งแรง ในกีฬาฟุตบอลหรือกีฬาประเภททีมทั้งหลายนักกีฬาจะต้องมีพลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เพื่อที่จะแสดงความสามารถสูงสุด โดยแบ่งช่วงการฝึก และวิธีการฝึกความแข็งแรงในแต่ละช่วงดังนี้

1. ระยะการปรับตัวทางกายวิภาค (Anatomical adaptation)

เป็นระยะที่มีจุดประสงค์ในการเตรียมพร้อมของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อ และข้อต่อให้ทนต่อการฝึกที่หนักในช่วงการฝึกต่อๆไป โดยจะใช้โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงทั่วๆไป ซึ่งใช้ ท่าฝึก 9-12 ท่า ความหนักที่ 40-60% ของหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 10-12 ครั้งต่อชุด ฝึก 2-3 ชุด ยกด้วยความเร็วที่ต่ำถึงปานกลาง พักระหว่างชุด 1-1.5 นาที โดยฝึกเป็นระยะเวลา 4-6 สัปดาห์ หรือมากกว่านี้ถ้าฝึกในนักกีฬาที่อายุยังน้อย หรือนักกีฬาที่ไม่เคยฝึกความแข็งแรงมาก่อน

2. ระยะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximum strength phase)

ระดับของความแข็งแรงสูงสุดจะส่งผลต่อทั้ง ความแข็งแรง-พลังกล้ามเนื้อ(Strength-power) และความอดทนของกล้ามเนื้อ นักกีฬาจะไม่สามารถมีพลังกล้ามเนื้อที่ระดับสูงได้เลยถ้าไม่มีความแข็งแรงสูงสุดในระดับสูงเสียก่อน เนื่องพลังกล้ามเนื้อเป็นผลจากการรวมกันของความเร็ว และความแข็งแรงสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ว่าต้องมีการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดเสียก่อนแล้วจึงเปลี่ยนความแข็งแรงสูงสุดให้เป็นพลังกล้ามเนื้อ ดังนั้นระยะนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความแข็งแรงระดับสูงสุดโดยระยะเวลาของระยะนี้ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทั้งระดับความต้องการความแข็งแรงในนักกีฬาแต่ละชนิดนั้น และสถานะการณ์ที่ต้องใช้ในการแข่งขันกีฬาชนิดนั้นๆ โดยระยะเวลาในระยะนี้จะเท่ากับ 1-3 เดือน

3. ระยะเปลี่ยน (Conversion phase)

เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการ และลักษณะต่างๆ กับชนิดกีฬาหรือสถานการณ์ในการแข่งขัน ก็ควรที่จะเปลี่ยนความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อไปเป็นการเคลื่อนไหวที่เฉพาะเจาะจงในกีฬาชนิดต่างๆ เช่น พลังกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อหรือทั้งสอง การที่มีการฝึกที่เหมาะสมกับชนิดกีฬานั้นๆจะทำให้ความแข็งแรงสูงสุดค่อยๆเปลี่ยนไปเป็นพลังกล้ามเนื้อ หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยในระยะนี้จะใช้เวลาในการฝึก 1-3 เดือน ซึ่งนักกีฬาควรที่จะรักษาความแข็งแรงสูงสุดเอาไว้ได้ตลอดช่วงนี้หรือกล่าวอีกอย่างก็คือ พลังกล้ามเนื้ออาจจะค่อยๆลดลงตลอดจนถึงช่วงสุดท้ายของระยะการแข่งขัน

4. ระยะคงสภาพกล้ามเนื้อ (Maintenance phase)

วัตถุประสงค์หลักของการฝึกความแข็งแรงในช่วงนี้เพื่อที่จะคงสภาพกล้ามเนื้อจากผลของการฝึกในระยะที่ผ่านมา โปรแกรมการฝึกในระยะนี้ก็จะขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดกีฬา ซึ่งจะมีสัดส่วนของการใช้ความแข็งแรงสูงสุด พลังกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ จึงเป็นการสะท้อนถึงการออกแบบโปรแกรมการฝึกในแต่ละชนิดกีฬาได้เป็นอย่างดี เช่น นักกีฬาทุ่มน้ำหนักในหนึ่งสัปดาห์จะฝึกความแข็งแรงสูงสุด 2 ครั้ง และฝึกพลังกล้ามเนื้อ 2 ครั้ง ในขณะที่นักกีฬากระโดดจะฝึกความแข็งแรงสูงสุดเพียง 2 ครั้ง และฝึกพลังกล้ามเนื้อ 3 ครั้ง ส่วนนักกีฬาว่ายน้ำ 100 เมตร จะฝึกความแข็งแรงสูงสุด 1 ครั้ง ฝึกพลังกล้ามเนื้อ 2 ครั้ง และฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ 1 ครั้ง นอกจากนี้นักวิ่ง 1500 เมตรอาจจะฝึกเฉพาะโปรแกรมความแข็งแรงเพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ

ในระยะนี้นักกีฬาควรที่จะฝึกกล้ามเนื้อ 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์เพื่อที่จะรักษาความแข็งแรงเอาไว้ โดยจำนวนครั้งในการฝึกจะขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักกีฬาและบทบาทของความแข็งแรงที่มีต่อชนิดกีฬานั้นๆ โดยจะพบว่าระยะแข่งขัน (Competitive phase) จะมีการฝึกเพื่อคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Maintenance phase) ไว้ในช่วงที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นควรที่จะพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อคงสภาพกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพและเฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาแต่ละชนิด โดยใช้การฝึก 2 ท่าและมากสุดไม่เกิน 4 ท่า ซึ่งเป็นท่าฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Prime movers) ในการแสดงทักษะของกีฬาชนิดนั้นๆ

5. ระยะการหยุดฝึก (Cessation phase, C) ระยะนี้จะเป็นการหยุดฝึกด้วยน้ำหนัก ก่อนการแข่งขันที่สำคัญ 5-7 วัน เพื่อให้นักกีฬาได้ใช้พลังงานทั้งหมดกับการแสดงความสูงสุดในการแข่งขัน

6. ระยะชดเชย (Compensation phase) ระยะนี้จะทำให้แผนการฝึกแบบกำหนดช่วงตลอดปีครบสมบูรณ์และจะตรงกับช่วงการส่งผ่าน (Transition period) ซึ่งช่วงนี้จะมีระยะเวลายาวไปติดกับช่วงเริ่มต้นของแผนระยะยาวของการฝึกรอบปีครั้งต่อไป ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการฝึกระยะชดเชยนี้เพื่อที่จะเอาอาการล้าออก และเพิ่มพลังงานเข้าไปใหม่ ซึ่งจะใช้การฝึกความแข็งแรงที่ไม่ต้องเคร่งครัด โดยควรจะฝึกกล้ามเนื้อที่อ่อนแอซึ่งไม่ค่อยได้ถูกฝึกมากกว่าที่จะไปฝึกกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Prime movers)

ตารางที่ 1 แสดงการฝึกแบบกำหนดช่วงเพื่อพัฒนาความสามารถทางกลไก (Periodiazation of the motor abilities) (Bompa, 2001)

Phases	Preparatory		Competitive			Transition
Subphases	General preparatory	Specific preparatory	Precompetitive	Main competitions		Transition
Strength	Anatomical adaptation	Maximum strength	Conversion: • Power • Muscular endurance • or both	Maintenance	C	Compensation

รูปแบบการใช้แรงต้านในการฝึก (Loading patterns)

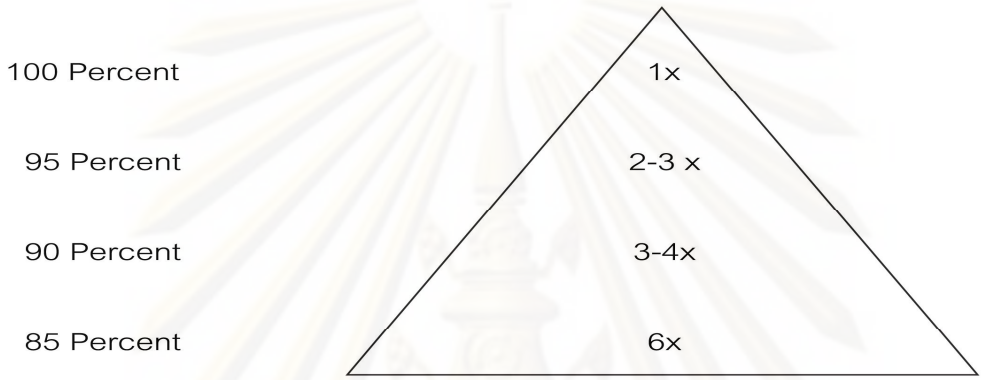
บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวว่าถ้ามีการฝึกหลายๆชุด (Set) และใช้น้ำหนักไม่มากพอผลลัพธ์ที่ได้ ก็จะเป็นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อให้ใหญ่ขึ้น แต่ไม่ใช้การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด เนื่องจากการฝึกแบบนี้จะทำให้เกิดอาการล้าจึงไปลดการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด โดยได้แบ่งรูปแบบการใช้แรงต้านในการฝึกไว้ดังนี้

รูปแบบแบบพีระมิด (Pyramid pattern)

เป็นรูปแบบที่เป็นที่รู้จักและนิยมใช้กัน โดยจะใช้แรงต้านเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงแรงต้านที่มากที่สุด ในขณะที่จำนวนครั้งในการยก (Repetitions) ก็จะลดลงตามสัดส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยตัวเลขภายในสามเหลี่ยม หมายถึงจำนวนครั้งในการยกแต่ละชุด ส่วนตัวเลขด้านซ้ายของรูปสามเหลี่ยมคือค่าแรงต้านที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ซึ่งประโยชน์ทางสรีรวิทยาจาก การฝึกโดยใช้

แรงต้านแบบพีระมิด คือสามารถทำให้เกิดการระดมของหน่วยยนต์ (Motor units) ในกล้ามเนื้อได้ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด

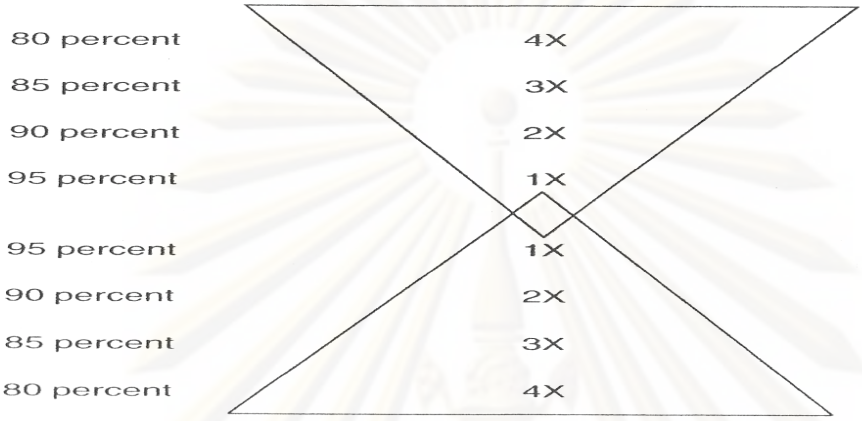
ภาพที่ 3 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิด (Bompa, 1999)



รูปแบบพีระมิดคู่ (Double pyramid pattern)

จะประกอบด้วย 2 พีระมิด โดยที่อีกอันหนึ่งจะหงายหัวกลับด้านมาต่อกับอีกอัน หรือหมายถึงเอาปลายแหลมของทั้ง 2 พีระมิดมาชนกัน โดยจำนวนครั้งในการยกแต่ละชุดจะลดลงเรื่อยๆจากส่วนท้ายของพีระมิดไปสู่ยอด หลังจากนั้นเมื่อมาเจอกับปลายของพีระมิดที่ 2 จำนวนครั้งในการยกแต่ละชุดก็จะเพิ่มขึ้นๆจนถึงส่วนท้ายของพีระมิดอันที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4 ตัวเลขด้านซ้ายคือค่าแรงต้านที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด โดยผู้สนับสนุนการฝึกโดยใช้แรงต้านรูปแบบพีระมิดคู่นี้ได้กล่าวว่าในชุดท้ายๆของการฝึก ซึ่งจะใช้แรงต้านที่ 85 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดนั้นจะเป็นการพัฒนาที่พลังกล้ามเนื้อมากกว่า เนื่องจากสมมุติฐานที่ว่าน้ำหนักที่ใช้ต้านลดลงก็จะให้ออกแรงต้านได้เร็วขึ้น ซึ่งในขณะที่ปฏิบัติการฝึกในชุดท้ายๆของการฝึกนั้นจะทำให้ทั้งระบบประสาทส่วนกลางและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึกเกิดการล้า จึงไม่เกิดการพัฒนาดังที่ต้องการในชุดการฝึกท้ายๆ และสมมุติฐานอีกอย่างคือ เมื่อเกิดการล้าขึ้น ก็อาจจะไปลดการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ดังนั้นผลลัพธ์ของการฝึกชุดท้ายจึงเป็นการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อมากกว่าการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งถ้าต้องการที่จะพัฒนาการระดมของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วก็ควรที่จะฝึกในช่วงแรก อย่าคาดหวังว่าจะไปพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในช่วงสุดท้ายของการฝึก เนื่องจากจะมีการล้ามารบกวน ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาทั้งความแข็งแรงสูงสุดและขนาดของกล้ามเนื้อในช่วงเดียวกันของการฝึกรูปแบบนี้จึงเหมาะสมที่สุดในการเลือกฝึก

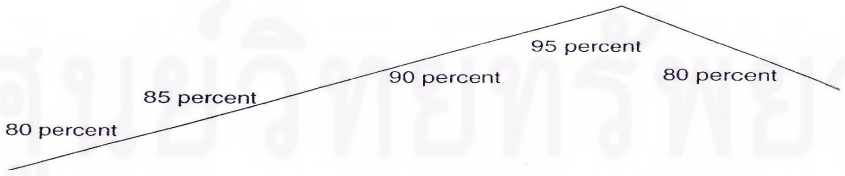
ภาพที่ 4 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดคู่ (Double pyramid pattern) (Grosser and Neumeier, 1986)



รูปแบบพีระมิดเอียง (Skewed pyramid pattern)

รูปแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความหลากหลายของรูปแบบพีระมิดคู่ โดยแรงต้านที่ใช้ฝึกจะเพิ่มขันไปเรื่อยๆจนกระทั้งชุดสุดท้ายให้ทำการลดแรงต้านลง ตัวอย่างเช่น ฝึกโดยใช้แรงต้านที่ 80, 85, 90, 95 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5 จุดประสงค์ที่ลดแรงต้านลงในชุดสุดท้ายเพื่อให้เกิดความหลากหลาย และเป็นแรงจูงใจในการกระตุ้นการยกน้ำหนักให้เร็วที่สุด โดยนักกีฬาจะถูกบอกให้ยกให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งการฝึกรูปแบบพีระมิดคู่นั้นการล้าจะมายับยั้งการออกแรงยกด้วยความเร็ว แต่ในการฝึกแบบพีระมิดเอียงนั้นจะมีการยกชุดสุดท้ายที่จำนวนครั้งน้อย คือ 4-6 ครั้ง ดังนั้นการล้าจึงไม่เกิดขึ้นและไม่ส่งผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

ภาพที่ 5 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดเอียง (Skewed pyramid pattern) (Bompa, 1999)

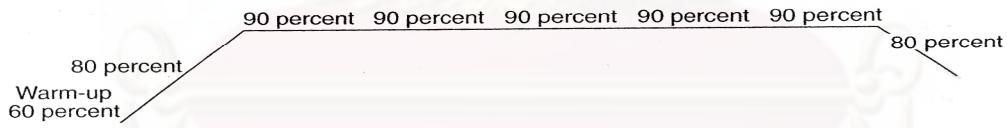


รูปแบบพีระมิดราบ (Flat pyramid pattern)

เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดในการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด ในการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกตินั้นความหนักที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 70-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด (Repetitions maximum) ซึ่งเป็นทั้งแรงต้านในระดับ ปานกลาง หนัก และสูงสุด แต่จะพบว่าแรงต้านที่เหมาะสมกับการฝึกเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดนั้นจะอยู่ระหว่าง 85-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ดังนั้นการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกติจึงให้ผลทั้งต่อทั้งพลังกล้ามเนื้อ และความแข็งแรง

ถึงแม้ว่าผลทั้ง 2 อย่างของการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดปกติจะเป็นประโยชน์ทั่วๆไปกับนักกีฬา แต่ก็ไม่ได้เน้นในการเพิ่มความแข็งแรงสูงสุด เพราะฉะนั้นถ้าวัตถุประสงค์หลักต้องการที่จะพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดอย่างเดียว ก็ควรอย่างยิ่งที่จะฝึกรูปแบบพีระมิดราบ ตัวอย่างวิธีการฝึกดังที่แสดงในภาพที่ 6 คือ การวอร์มอัพ โดยการใช้แรงต้านเบาๆ 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด แล้วยกอีกครั้งโดยใช้แรงต้านระดับปานกลางที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด หลังจากนั้นให้คงที่ความหนักที่ 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด จนจบการฝึก แต่ถ้าต้องการเพิ่มความหลากหลายในการฝึกก็ให้ลดความหนักในชุดสุดท้ายของการฝึก เช่นลดลงเหลือ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด ประโยชน์ทางสรีรวิทยาจากการฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดราบซึ่งใช้แรงต้านคงที่แรงต้านเดียวนั้นคือ การปรับเปลี่ยนระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) ต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยไม่ทำให้ร่างกายสับสนจากการเปลี่ยนแรงต้านที่ฝึกหลายๆระดับแรงต้าน ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด ก็ควรที่จะฝึกโดยใช้แรงต้านแบบพีระมิดราบ โดยสามารถเลือกใช้แรงต้านในช่วงคงที่เท่าไหร่ก็ได้แต่ควรอยู่ในช่วง 85-100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุด เพราะเป็นแรงต้านที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด

ภาพที่ 6 แสดงการใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีระมิดราบ (Flat pyramid) (Bompa, 1999)



กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา

ไวเนค (Weineck, 1990) ได้อธิบายถึงหน้าที่ของกล้ามเนื้อในการออกแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่างๆของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงได้มากไปหาน้อยตามลำดับในแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อ ดังต่อไปนี้

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อแอ็ดดัคเทอะ 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)

โดยได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กลุ่มกล้ามเนื้อเหล่านี้ว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก จะมีกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ซึ่งมีหน้าที่หลักในการเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะหยุด ส่วนในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จะมีกล้ามเนื้อ ควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris) เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุดและแข็งแรงที่สุดในร่างกาย ทำหน้าที่หลักในการเหยียดเข่า ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) กล้ามเนื้อแว็สทัส มีดิเอลิส (Vastus medialis) กล้ามเนื้อแว็สทัส แล็ทเทอเรลิส (Vastus lateralis) และกล้ามเนื้อแว็สทัส อินเทอมีเดียส (Vastus intermedius) โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) จะประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่งอสะโพกอีกด้วย และในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด

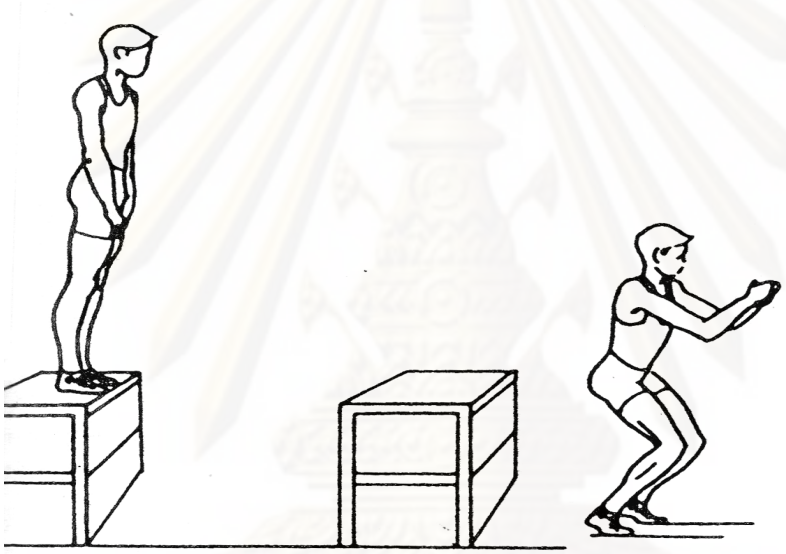
การฝึกดร็อปจัมพ์และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึก

การฝึกดร็อปจัมพ์ (Drop jumps)

บอมพา (Bompa , 1999) ได้กล่าวเกี่ยวกับ ท่าฝึกดร็อปจัมพ์ (Drop jump) คือท่าฝึกที่หย่อนตัวลงมาจากที่สูงและเมื่อลงมาบนพื้นให้เกร็งค้างไว้ 3 วินาที โดยมุมของเข่าตอนลงสู่พื้นอาจจะเป็นระหว่าง 1 ส่วน 4 หรือ 1 ส่วน 2 ของมุมการเคลื่อนไหวทั้งหมด หรือก็คือการงอเข่าลงได้ประมาณ 45-90 องศาจากตำแหน่งที่ขายืนเหยียดตรง ในการฝึกนั้นนักกีฬาต้องลงสู่พื้นด้วยเนินของปลายฝ่าเท้า(Balls of feet) พร้อมกับการเกร็งข้อศอกและเข่าค้างอยู่ในมุมนั้นไว้ 2-3 วินาที ซึ่งสามารถเพิ่มความหนักของการฝึกได้โดยการเพิ่มความสูงและการใช้น้ำหนักมาถ่วง ความตึงจากการฝึกจะเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ รวมไปถึงใน

เอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นข้อต่อ ซึ่งถ้านักกีฬาได้รับการฝึกความแข็งแรงมาไม่พอหรือ มีการปรับตัวต่อแรงต้านที่มากไม่ได้และมีเอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นข้อต่อไม่แข็งแรงพอ นักกีฬาจึงไม่ควรฝึกจากที่สูงมากหรือใช้น้ำหนักมาถ่วง การฝึกนี้ควรให้ความสนใจในขณะลงสู่พื้นเป็นอย่างมาก และควรรักษาลำตัวให้ตรงไม่เอนไปข้างหน้าหรือหลังมาก นอกจากนี้ควรฝึกโดยเพิ่มความหนักตามความก้าวหน้าของนักกีฬา โดยการฝึกนี้จะสามารถสร้างความตึงในกล้ามเนื้อได้มาก จึงทำให้นักกีฬาสร้างความแข็งแรงขึ้นได้

ภาพที่ 7 แสดงท่าฝึกดร็อปจัมพ์ (Bompa, 1999)



แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้ให้คำแนะนำการฝึกท่าดร็อปจัมพ์ไว้ดังนี้

1. ให้หย่อนตัว (Step) ลงมาไม่ใช้การกระโดดลง (Jump)

2. ตอนลงสู่พื้นระยะของเท้าทั้งสองห่างกันประมาณระยะหัวไหล่ พร้อมทั้งลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นให้เร็วที่สุด

3. ขณะลงสู่พื้นต้องแน่ใจว่าหัวเข่าอยู่ในแนวเดียวกับปลายเท้าหรือนิ้วชี้ของเท้า (The second toes)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึก

แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้วิเคราะห์ถึงกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึกท่าดร็อปจัมพ์ไว้ดังนี้

ข้อต่อสะโพก (Hip joint)

การเคลื่อนไหว (Movement)

- งอสะโพก (Flexion)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles) ในการทำงานแบบเหยียดออก (Eccentric contraction)

- กลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius) (Posterior fibres)
- ไบเซพส์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)
- เซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- เซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)
- แอ็ดดัคเทอะ แมกนัส (Adductor magnus) (posterior fibres)

ข้อเข่า (Knee joint)

การเคลื่อนไหว (Movement)

- งอเข่า (Flexion),

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles) ในการทำงานแบบเหยียดออก (Eccentric contraction)

- เรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris)
- แว็สทัส มีดิเอลิส (Vastus medialis)
- แว็สทัส อินเทอมีเดียส (Vastus intermedius)
- แว็สทัส แล็ทเทอเรลิส (Vastus lateralis)

ข้อเท้า (Ankle joint)

การเคลื่อนไหว (Movement)

- งอข้อเท้า (Dorsiflexion)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles) ในการทำงานแบบเหยียดออก (Eccentric contraction)

- แกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- โซเลียส (Soleus)
- ทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- เพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- เพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

ผลของการฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า จากการฝึกโดยใช้แรงต้านเราจะพบว่าช่วงที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นจะกระทำได้ง่ายกว่าช่วงที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวลดลง หรือกล่าวได้ว่านักกีฬาสามารถใช้แรงต้านได้มากกว่าเมื่อกล้ามเนื้อทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น โดย โกลดเบิร์ก และ

คณะ (Goldberg et al., 1975) ได้สรุปว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะสร้างความตึงในกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกแบบไอโมตริก และไอโซโทนิค โดยการที่มีความตึงในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นก็หมายถึงการมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นนั้นเอง นอกจากนี้ดัดเลย์ และ เฟลกค์ (Dudley and Fleck, 1987) ได้กล่าวว่า การพัฒนาของความแข็งแรงสูงสุดนั้นโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของการกระตุ้นระบบประสาทมากกว่าจะมาจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดกล้ามเนื้อ ซึ่งหมายความว่าการเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดไม่ได้เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อแต่ส่วนใหญ่แล้วจะมาจากการปรับตัวของระบบประสาทที่เฉพาะเจาะจง เช่น มีการเพิ่มการระดมใช้ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว มีการเพิ่มความแข็งแรงแต่มีการเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย และมีการปรับตัวของระบบประสาทที่ใช้ในการสั่งการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยปริมาณของกล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นและการระดมของจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงต้านที่ใช้ในการฝึก ซึ่งจะพบว่าแรงต้านที่ใช้ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะมากกว่าแรงต้านสูงสุดที่ใช้ในการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ดังนั้นความเร็วที่ใช้ในการฝึกจึงค่อนข้างจะช้า โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยอัตราเร็วที่ช้าจะไม่ส่งผลมากต่อการกระตุ้นระบบประสาท แต่จะส่งผลต่อการเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ ดังนั้นถ้ามีการการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยอัตราเร็วที่มากขึ้นได้ก็จะส่งผลต่อการกระตุ้นระบบประสาทได้มาก และสร้างแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกแบบคอนเซ็นตริก

หรือกล่าวโดยสรุปได้ว่าในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกจะมีการใช้แรงต้านที่มากจึงทำให้เกิดความตึงที่มากในกล้ามเนื้อจึงทำให้เกิดความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เพราะการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกโดยใช้แรงต้านที่มากนี้ จะส่งผลต่อการการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และการพัฒนาจะดีกว่านี้ถ้ามีการฝึกให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็วที่มากกว่านี้ ซึ่งความเร็วในการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกที่มากขึ้น จะส่งผลต่อการกระตุ้นระบบประสาทได้มาก หรือส่งผลต่อการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั้นเอง มากกว่าที่จะไปกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนซึ่งเป็นการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ

หลักการฝึกแบบไอโซเมตริก

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่า ผลดีของการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Static contraction) สามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด ถึงแม้ว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่จะส่งผลเพียงเล็กน้อยในการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ แต่ก็ยังคงมีประโยชน์ต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกจะสร้างความตึงที่สูงในกล้ามเนื้อจึงทำให้การฝึกแบบนี้มีประโยชน์มากที่สุดในช่วงการฝึกความแข็งแรงสูงสุด นอกจากนี้นักวิจัยบางท่านได้กล่าวการฝึกแบบนี้ยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดได้มากกว่าวิธีอื่นๆ 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นที่ชัดเจนว่าไม่สามารถพัฒนาพลังและความทนทานของกล้ามเนื้อได้ โดยแรงการ

หดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกที่ถูกใช้ต้านกับแรงต้านทานนั้น ความตึงในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนสูงสุดที่ประมาณ 2-3 วินาที ต่อเนื่องไปจนสิ้นสุด

ข้อดีของการฝึกแบบไอโซเมตริกมีดังนี้

1.สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในบุคคลที่เริ่มฝึก

2. การฝึกใช้อุปกรณ์ที่ง่ายๆ

3. ไม่ต้องมีผู้ช่วยฝึก

4. ใช้ในการฟื้นฟูการบาดเจ็บ ซึ่งช่วยไม่ให้กล้ามเนื้อหดลีบ

5. ใช้เวลาในการฝึกสั้นๆ ประมาณ 20-30 นาที

วิลสัน (Wilson,1994) กล่าวว่า ไอโซเมตริก หมายถึงความยาวคงที่ หรือหมายถึงการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อซึ่งจะไม่สามารถสังเกตุเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความยาวกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกไอโซเมตริกจะเกี่ยวข้องกับการให้กล้ามเนื้อออกแรงต้านกับวัตถุที่อยู่นิ่ง เช่นการออกแรงต้านกับผนัง การฝึกโดยทั่วๆไปจะฝึกให้กล้ามเนื้อออกแรงเกร็งด้วยแรงสูงสุดโดยใช้เวลา 2-4 วินาทีในแต่ละครั้ง และฝึกซ้ำ 3-4 ครั้งต่อวัน การฝึกนี้จะสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้มาก เมื่อฝึกเป็นระยะเวลาประมาณ 5 สัปดาห์ โดยเฉพาะในบุคคลที่ไม่เคยฝึกมาก่อน นอกจากนี้ จากการรวบรวมงานวิจัยของ แม็กดูแนก และเดวี่ส์; สก็อต แม็คคัลลี่ และรัธเธอะเฟิร์ด; ลิล และรัธเธอะเฟิร์ด (McDonagh and Davies, 1984: Schott, McCully, and Rutherford, 1995: Lyle and Rutherford, 1998) พบว่า ทั้งการฝึกแบบไอโซเมตริกที่มีการเกร็งกล้ามเนื้อ 10 วินาทีหรือนานกว่า หรือการฝึกแบบไอโซเมตริกที่มีการเกร็งโดยใช้เวลาสั้นๆ ประมาณ 2-3 วินาที ก็สามารถที่จะเพิ่มความแข็งแรงได้ นอกจากนี้ แฟล็ง และแครเมอร์ (Fleck and Kraemer, 2004) กล่าวว่า จากความสอดคล้องกันโดยส่วนใหญ่จากการฝึกแบบไอโซเมตริกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงในบุคคลปกติทั่วไปพบการฝึกแบบไอโซเมตริกให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นต้องฝึกแบบไอโซเมตริกด้วยแรงสูงสุด 15-20 ครั้ง และค้างไว้ 3-5 วินาที สัมพันธ์ กับออลเวย์ (Alway, 1990) ที่ได้กล่าวว่า ควรฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งจะทำให้เห็นผลของการฝึกบ้างใน 2 สัปดาห์ และจะพบว่าในกิจกรรมกีฬาส่วนใหญ่นั้นมีการเคลื่อนไหวแบบไอโซเมตริกโดยธรรมชาติน้อยมาก จึงเป็นข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้การฝึกไอโซเมตริกในการเล่นกีฬา แต่อย่างไรก็ตามการฝึกแบบนี้สามารถใช้ในการรักษาความแข็งแรงเอาไว้ได้ เมื่อไม่สามารถฝึกออกแรงต้านในรูปแบบอื่นได้ เช่น เมื่อไปท่องเที่ยว และยังใช้ในระหว่างการฟื้นฟูการบาดเจ็บที่ข้อต่อนั้นไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ เพื่อช่วยรักษาขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงเอาไว้ นอกจากนี้ แฟรงค์ และ ดิค (Frank and Dick, 1989) ยังได้กล่าวว่า การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกร่วมกับการหดตัวแบบไอโซเมตริกด้วยความหนักสูงสุดจะช่วยสามารถพัฒนาความแข็งแรงแบบคอนเซ็นตริกได้

แฟล็งและเคเมอร์ (Fleck and Kraemer, 2004) กล่าวว่า ในการฝึกแบบไอโซเมตริกนั้นมีการฝึก 2 แบบ ดังนี้

1. การออกแรงของกล้ามเนื้อด้วยแรงเกือบสูงสุด เช่น การยกน้ำหนักค้างไว้

2. การออกแรงของกล้ามเนื้อด้วยแรงสูงสุด เช่น การผลักวัตถุที่เคลื่อนไหวไม่ได้ ได้แก่ผนัง หรือน้ำหนักที่หนักมากจนออกแรงเคลื่อนไหวไม่ได้ โดยทั้ง 2 รูปแบบนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกและทำให้มีขนาดของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นได้ โดยในการฝึกนั้น การออกแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกด้วยแรงสูงสุดจะใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงและสมรรถภาพทางกาย ส่วนการออกแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกด้วยแรงเกือบสูงสุดจะใช้ในการฟื้นฟูการบาดเจ็บ

ทฤษฎีและหลักการฝึกแบบพลัยโอเมตริก

ดินติแมน วอร์ด และเทลเลซ (Dintiman, Ward and Tellez, 1988) กล่าวว่า พลัยโอเมตริก (Plyometric) มาจากคำของภาษากรีก คือ “Pleythyein” มีความหมายว่าเพิ่มขึ้น หรือมาจากรากศัพท์ภาษากรีกคือ “Plio” ซึ่งหมายถึงมากขึ้น (More) ส่วน “Metric” จะหมายถึง การวัดขนาดหรือระยะ (Measure) ดังนั้นคำว่าพลัยโอเมตริก (Plyometrics) จึงหมายถึง การออกกำลังกายที่ใช้ความแข็งแรงสูงสุดในเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจะมีความสำคัญมากในกีฬาประเภทที่ต้องมีการออกแรงสูงสุดในขณะการทำกิจกรรมด้วยความเร็วสูงหรือ ที่ต้องใช้ความเร็วแบบแข็งแรง (Speed strength) เพื่อที่จะทำให้การเคลื่อนไหวนั้นสมบูรณ์ เช่น กีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น กระโดด หรือ ขว้าง-ทุ่ม-พุ่ง เป็นต้น การฝึกพลัยโอเมตริกจะมีลักษณะของการฝึกที่หลากหลายรูปแบบ เช่นการกระโดดเท้าคู่ (Jumping) และ การกระโดดเขย่ง (Hopping) ซึ่งมีการเคลื่อนไหวในลักษณะการสปริงตัว หรือการกระดอนตัวขึ้นทันทีหลังจากที่กระโดดลงมา นอกจากนี้การรับและโยนวัตถุ การดันตัวขึ้นจากพื้นอย่างรวดเร็ว และการดึงรอกในท่าทางของการขว้าง-ปา จะเป็นการฝึกช่วงบนของร่างกาย การฝึกพลัยโอเมตริกนั้นเป็นการฝึกที่ยอดเยี่ยมในการพัฒนาทั้งความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาบางคนอาจมีความแข็งแรงมากแต่ไม่สามารถใช้พลังกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการวิ่งเร็วสูงสุดในระยะทางสั้นๆได้ การแสดงความสามารถทางทักษะกีฬาประเภทที่ใช้เวลาสั้นๆในการปฏิบัติ เช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จะใช้เวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่น้อยกว่า เวลาที่กล้ามเนื้อหดตัวจนถึงการหดตัวด้วยแรงสูงสุด ซึ่งความว่านักกีฬาจะใช้ความแข็งแรงเพียง 60-80 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสมบูรณ์ หัวใจสำคัญของการฝึกพลัยโอเมตริกคือ การแสดงความแข็งแรงให้เร็วและแรงที่สุด หรือหมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อออกแรงมากที่สุดในเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยการฝึกพลัยโอเมตริกยังถูกใช้ฝึกในการพัฒนาพลังระเบิด (Explosiveness) และความไว (Quickness) การฝึกพลัยโอเมตริกในอดีตถูกใช้เพื่อพัฒนาความเร็วแบบแข็งแรง ซึ่งเป็นการใช้แรงสูงสุดในขณะที่ต้องปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้ความเร็วสูงสุด เช่น การวิ่งระยะสั้น วัตถุประสงค์หลักของการฝึกพลัยโอเมตริก คือ การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาในการใช้แรงสูงสุดในเวลาที่สั้นที่สุด ซึ่งจะเกิดจากการเพิ่มงานให้กล้ามเนื้อเพื่อทำให้เกิดการสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อก่อนที่จะปล่อยพลังงานออกมาในทิศทางตรงกันข้าม เช่นขณะที่มีการปล่อยตัวลงจากกล่องลงสู่พื้น แรงโน้มถ่วงที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บไว้ในกล้ามเนื้อก่อนที่จะปล่อยพลังงานออกมาอย่างรวดเร็วในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งการยืดเหยียดออกของกล้ามเนื้ออย่าง

รวดเร็วขณะลงสู่พื้น จะไปกระตุ้นรีเฟล็กยืด (Stretch reflex) ในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นสำคัญที่ทำให้กล้ามเนื้อกลุ่มเดิมนี้เกิดการหดตัวได้เร็วและแรงมากยิ่งขึ้น หรือหมายถึง การที่กล้ามเนื้อถูกยืดเหยียดออกอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการการหดตัวอย่างแรงในทันที ซึ่งเป็นการตอบสนองจากการที่กล้ามเนื้อถูกยืดเหยียดออกอย่างรวดเร็วนั้นเอง หรือกล่าวอีกอย่างได้ว่า การลดความเร่งของมวลอย่างรวดเร็วจะถูกตามด้วยการเร่งอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ ฮูเบอร์ (Huber, 1987) ที่ได้กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก มีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่าการเหยียดตัวออกอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหดตัวจะทำให้เกิดผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้นการที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกเร็วเท่าใด ก็ยิ่งทำให้แรงหดตัวสั้นเข้าทันทีทันใดมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการฝึกพลัยโอเมตริก จึงมีเป้าหมายเพื่อเชื่อมระหว่าง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็วของการเคลื่อนไหว ซึ่งก็คือการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั่นเอง

ดินติแมน วอร์ด และเทลเลซ (Dintiman, Ward and Tellez, 1988) ได้กล่าวว่าระยะที่มีแรงมากระทำกับกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว จะเรียกว่า ระยะผลิต (Yielding phase) ซึ่งจะต้องเกิดก่อนระยะการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Contraction phase) ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน ตัวอย่างเช่นเมื่อปล่อยตัวลงจากกล่องลงสู่พื้น ขาของเราจะต้องมีการงอที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก (G-force) หรือพลังงานจลน์ (Kinetic energy) แล้วเกิดการโต้ตอบกลับทันทีโดยการกระโดด ขาจะงอมากเท่าไหร่ก็จะขึ้นอยู่กับระดับของแรงโน้มถ่วงและพลังงานที่เก็บสะสม ซึ่งจะต้องใช้ในการหดตัวด้วยความแรงของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการกระโดดขึ้น โดยในระยะผลิตนั้นจะมีการเก็บสะสมพลังงานและพลังงานจะถูกปลดปล่อยออกมาในระยะสุดท้าย (Overcoming phase) โดยการหดตัวด้วยความแรง

บอมพา (Bompa, 1999) กล่าวว่าตั้งแต่สมัยอดีตนักกีฬาได้ค้นหาวิธีการฝึกที่จะทำให้วิ่งได้เร็วขึ้น กระโดดได้สูงขึ้น และขว้างได้ไกลขึ้น ซึ่งสิ่งที่จะทำให้เกิดขึ้นได้ก็คือการมีพลังกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มของความแข็งแรงนั้นสามารถที่จะเปลี่ยนไปเป็นพลังกล้ามเนื้อได้โดยการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเฉพาะเจาะจง หนึ่งในนั้นก็คือการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งหมายถึง การที่กล้ามเนื้อถูกกระทำให้หดตัวแบบเหยียดออกในช่วงสั้นๆ อย่างรวดเร็ว แล้วตามด้วยหดตัวแบบหดสั้นอย่างเต็มที่ ซึ่งจากการวิจัยจะพบว่ากล้ามเนื้อที่มีการเหยียดตัวออกก่อนการหดตัวจะสามารถสร้างแรงได้มากกว่า เช่น การเหวี่ยงไม้กอล์ฟไปด้านหลังก่อนจะตีลูก การย่อตัวก่อนกระโดด นักกีฬาจะทำการเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดแรงในการหดตัวที่มากยิ่งขึ้น ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกจะเกี่ยวข้องกับรีเฟล็กยืด (Stretch reflex) ที่มีอยู่กล้ามเนื้อโดยรีเฟล็กยืดจะทำหน้าที่ตรวจจับระดับการถูกยืดเหยียดของกล้ามเนื้อและป้องกันกล้ามเนื้อจากการถูกยืดเหยียดมากเกินไป เมื่อนักกีฬาจะกระโดด จะต้องมีการย่อตัวและเหยียดออกอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ลำตัวพ้นจากพื้นการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจึงเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกายอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้มาของพลังของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกยังเกี่ยวข้องกับการหดตัวของปฏิกิริยาโต้ตอบในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Reflex contraction of the muscle fibers) ซึ่งเป็นผลมาจากการมีแรงมากระทำกับเส้นใยกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว เมื่อแรงที่เกิดนั้นมากจนพอเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดการยืดเหยียดออกของ

กล้ามเนื้อที่มากเกินไป เป็นผลให้ตัวรับสัมผัสการยืดเหยียด (Stretch receptors) ส่งกระแสประสาทจากการถูกกระตุ้นไปยังไขสันหลัง และกระแสประสาทก็จะถูกส่งกลับมาที่ตัวรับสัมผัสการยืดเหยียด จนทำให้เกิดปฏิกิริยาสะท้อนกลับเพื่อป้องกันการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวด้วยแรงมากยิ่งขึ้น

การฝึกพลัยโอเมตริกยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทและกล้ามเนื้อซึ่งเป็นการส่งเสริมให้มีความสามารถในการเคลื่อนไหวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น โดยส่วนที่หดตัวได้ในกล้ามเนื้อคือเส้นใยกล้ามเนื้อและส่วนหดตัวไม่ได้จะวางต่อกันกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียกว่า ส่วนประกอบยืดหยุ่นที่ติดกับเส้นใยกล้ามเนื้อ (Series elastic component) เช่น เอ็นกล้ามเนื้อ การยืดเหยียดของส่วนประกอบยืดหยุ่นที่ติดกับเส้นใยกล้ามเนื้อ จะเป็นการสร้างพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเหมือนกับการกดสปริง พลังงานนี้จะช่วยในการสร้างพลังงานของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งลักษณะนี้จะมีให้เห็นในการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดเหยียดอย่างเร็ว ส่วนประกอบยืดหยุ่นที่ติดกับเส้นใยกล้ามเนื้อ ก็ถูกยืดเหยียดด้วยและเก็บแรงที่ทำให้เหยียดออกในรูปของพลังงงานศักย์ยืดหยุ่นแล้วพลังงานนี้จะถูกปลดปล่อยในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบสั้นลง โดยถูกกระตุ้นด้วย ไมโอเทติก รีเฟลกซ์ (Myotatic reflex) ในการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นยิ่งมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเร็วเท่าไหร่ ก็จะเกิดแรงในการหดตัวสั้นเข้ามากขึ้นเท่านั้น ซึ่งการทำท่าฝึกต้องถูกต้อง ต้องแน่ใจว่าในขณะลงสู่พื้นมีการงอของขา และต้องรีบกระโดดให้เร็วที่สุดหลังจากที่มีการย่อตัว

ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกมีดังต่อไปนี้

1. มีการระดมของมอเตอร์ยูนิตเกือบทั้งหมดหรือทั้งหมด
2. ช่วยเปลี่ยนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไปเป็นพลังกล้ามเนื้อ
3. พัฒนาระบบประสาทเพื่อที่จะตอบสนองต่อ การยืดเหยียดของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งจะช่วยพัฒนากล้ามเนื้อให้สามารถที่จะหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น

เมื่อเท้าลงสัมผัสพื้น จุดศูนย์ถ่วงของนักกีฬาจะต่ำลงมา และเกิดความเร็วในขณะลง เรียกระยะนี้ว่า อะมอร์ไทเซชัน (Amortization) ซึ่งเกิดขึ้นจากผลของการเหยียดกล้ามเนื้อย่างรวดเร็ว ซึ่งขณะอยู่ในระยะนี้นักกีฬาจะต้องเตรียมตัวกระโดดขึ้น การที่มีระยะอะมอร์ไทเซชันนานจะเรียกได้อีกอย่างว่าระยะการดูดซับแรงกระแทก ซึ่งทำให้พลังสูญหายไป เช่นนักกีฬากระโดดไกลถ้าวางเท้าในช่วงลงไม่ดี หรือนานเกินไปก็ส่งผลให้สูญเสียความเร็วในแนวดิ่งและแนวราบเพื่อผลักดันตัวไปด้านหน้า ดังนั้นนักกีฬาจะต้องกระโดดโดยใช้เวลาที่สั้นในระยะอะมอร์ไทเซชัน ยิ่งใช้เวลาในระยะอะมอร์ไทเซชันสั้นเท่าไหร่ก็ยิ่งสร้างแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นได้แรงมากเท่านั้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการใช้พลังงานทั้งหมดซึ่งถูกเก็บไว้ในส่วนประกอบยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อขณะที่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การพัฒนาการกระโดดให้สูงขึ้นทำได้โดยการหลีกเลี่ยงการงอเข่าที่มากเกินและใช้เวลาระหว่างที่กล้ามเนื้อเหยียดออกและหดสั้นให้เร็วที่สุด การที่ไม่งอข้อต่อมากเกิน ทำให้เป็นประโยชน์ในการใช้ส่วนประกอบที่ยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สิ่งแรกที่นักกระโดดต้องทำคือ การลดจุดศูนย์ถ่วงด้วยความเร็ว ซึ่งนักกีฬาจะต้องสร้างแรงมาต้านกับแรงในการย่อตัวนี้เพื่อเตรียมตัวที่จะกระโดดขึ้น โดยจะต้องทราบว่าแรงเท่ากับมวลคูณ ความเร่ง (F=m x a) ดังนั้นนักกีฬาจึงต้องมีแรงที่มากในการลดความเร่งอย่างรวดเร็วของการย่อตัวลงเพื่อที่จะทำให้ระยะอะมอร์ไทเซชันสั้นลง ซึ่งขยายความสมการที่ใช้อธิบายได้ดังนี้

$$\text{Average force of amortization} = \frac{\text{Body mass} \times \text{Change in velocity}}{\text{Time of amortization}} \quad ...(1)$$

$$\text{Time of amortization} = \frac{\text{Body mass} \times \text{Change in velocity}}{\text{Average force of amortization}} \quad ...(2)$$

โดยที่

Average force of amortization = แรงเฉลี่ยของระยะอะมอร์ไทเซชัน

Body mass = มวลร่างกาย

Time of amortization = เวลาที่ใช้ในระยะอะมอร์ไทเซชัน

จากสมการที่ 2 แสดงว่าถ้านักกีฬาต้องการลดเวลาที่ใช้ในระยะอะมอร์ไทเซชันนักกีฬาจะต้องสร้างแรงเฉลี่ยของระยะอะมอร์ไทเซชันให้มากขึ้น ถ้าสร้างแรงได้น้อยจะทำให้เวลาในการเหยียดตัวของกล้ามเนื้อช้าลง เป็นผลให้การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นไม่ดีตามไปด้วย นอกจากนี้จากสมการยังชี้ให้ เห็นว่าควรมีระดับไขมันในร่างกายที่ต่ำ และควรมีสัดส่วนของพลังกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัวที่สูงเพื่อทำให้แรงเฉลี่ยของระยะอะมอร์ไทเซชันมากขึ้น เพราะยิ่งต้องการให้การย่อตัวลงด้วยความเร็วที่มากเท่าไหร่ ก็ยิ่งต้องมีแรงเฉลี่ยของระยะอะมอร์ไทเซชันมากขึ้นเท่านั้นตามสมการ ดังนั้นการกระโดดจะมีประสิทธิภาพ ถ้านักกีฬามีการใช้แรงที่มากเพื่อทำให้ระยะอะมอร์ไทเซชันมีระยะเวลาที่เกิดขึ้นสั้น และเกิดอย่างรวดเร็ว

ดินติแมน วอร์ด และเทลเลซ (Dintiman, Ward and Tellez, 1988) ได้เสนอแนะการฝึกพลัยโอเมตริกดังนี้

1. การเลือกท่าของการฝึกต้องมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการเคลื่อนไหว การทำงานของกล้ามเนื้อ และมุมของการเคลื่อนไหวข้อต่อ ในกิจกรรมหรือกีฬาชนิดนั้นๆ

2. อัตราของการยืด (Rate of the stretch) จะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการฝึกพลัยโอเมตริก โดยยิ่งมีอัตราของการยืดมากเท่าไหร่ ก็ยิ่งทำให้เกิดความตึงในกล้ามเนื้อและการหดตัวแบบหดสั้นด้วยความแรงในทิศทางตรงกันข้ามมากเท่านั้น

3. การใช้น้ำหนักที่มากเกินมาถ่วงในการฝึก เช่น เสื้อกั๊กอาจจะมีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงมากกว่าที่จะมีผลต่อการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและทำให้ไม่สามารถกระโดดหรือวิ่งด้วยแรงระเบิดได้ จึงผิดวัตถุประสงค์ของการฝึกพลัยโอเมตริก

4. การฝึกพลัยโอเมตริก ควรทำท่าฝึกให้มีความเร็วมากกว่าความเร็วที่ทำได้ตามปกติในขณะที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วย เนื่องจากเป้าหมายของการฝึกพลัยโอเมตริกก็คือ การลดเวลาในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น หรือก็คือการลดเวลาของระยะอะมอร์ไทเซชัน (Amortization phase) การฝึกพลัยโอเมตริกจึงช่วยทำให้เวลาในการวิ่งระยะสั้นลดลง ดังนั้นยิ่งกล้ามเนื้อเหยียดออกด้วยแรงที่เร็วมากเท่าไหร่ ก็จะเกิดการสร้างความตึงของกล้ามเนื้อได้มากเท่านั้น หรือกล่าวได้ว่ายิ่งกล้ามเนื้อเหยียดออกได้เร็วเท่าไหร่ ก็ยิ่งมีการหดตัวด้วยความแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการที่เราฝึกพลัยโอเมตริกด้วยการปล่อยตัวลงจากกล่องก็เพื่อลดระยะเวลาที่เท้าสัมผัสพื้น โดยต้องหลีกเลี่ยงการหยุดชะงักเมื่อเท้าลงสัมผัสพื้น แต่ต้องกระโดดขึ้นทันที หรือกล่าวได้ว่า การใช้กล่องในการฝึกยังเป็นการเพิ่มแรงเพื่อให้เกิดความเร็วในการเหยียดตัวออกของกล้ามเนื้อหรือทำให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นด้วยความเร็วมากกว่าปกติ จึงเป็นการฝึกระบบประสาทให้เรียนรู้กับการสร้างความเร็วที่สูงในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออก ระบบประสาทจึงสามารถจำลองการสร้างความเร็วที่สูงนี้ไปใช้ในขณะที่ทำการแข่งขันโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์เช่น กล่องมาช่วย

5. ควรใช้ความพยายามในการจัดการกับแรงในขณะลงสู่พื้นเพื่อให้ข้อต่อเกิดการงอให้น้อยที่สุด เพราะถ้ามีการงอของข้อต่อมากจะเป็นการเพิ่มเวลาในขณะสัมผัสพื้น และต้องผ่อนแรงกระแทกที่เกิดขึ้นให้ดีที่สุดด้วย ซึ่งในขณะที่เนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of the feet) สัมผัสพื้น ข้อเข่าจะถูกงอ อย่างรวดเร็ว และมุมของข้อเข่าขณะนี้ซึ่งไม่ควรงอเกิน 90 องศา ก็เหมาะที่จะกระโดดขึ้นต่อ และยังเป็นการป้องกันไม่ให้ข้อเท้างอมากเกินไป หรือป้องกันส้นเท้าสัมผัสพื้นนั้นเอง

ดินติแมน วอร์ด และเทลเลซ (Dintiman, Ward and Tellez, 1988) ได้กล่าวถึงข้อระวังในการฝึกพลัยโอเมตริกดังนี้

1. เด็กที่มีอายุน้อยก่อนถึงช่วงวัยรุ่นควรหลีกเลี่ยงการฝึก นอกจากจะมีปัจจัยที่บอกว่าเติบโตเต็มที่แล้ว เพราะเด็กที่อายุยังน้อยจะมีความไวต่อการบาดเจ็บได้ง่าย

2.ควรหลีกเลี่ยงการฝึกในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงพื้นฐานน้อย เนื่องจากผลที่ดีที่สุดของการออกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ฝึกได้เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักที่ดีมาก่อน การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งที่ต้องกระทำมาก่อนการใช้โปรแกรมพลัยโอเมตริก เพื่อทำให้เกิดความเร็วและความแข็งแรง นอกจากนี้นักวิชาการยังได้กล่าวว่า ถ้าปราศจากโปรแกรมสร้างความแข็งแรงพื้นฐานแล้วขาหรือแขนของนักกีฬาจะไม่สามารถทนต่อแรงที่เกิดขึ้นอย่างมากเกินไปของการฝึกแบบพลัยโอเมตริกได้ โดยก่อนการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีแรงกระแทกสูง เช่น การฝึกเด็ปจัมพ์ นักกีฬาควรที่จะสามารถทำท่าแบกน้ำหนักตัวย่อเข่า (Squat) ได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว (Roundtable, 1986)

3. นักกีฬาที่มีการสนองตอบต่อคำสั่งของโค้ชไม่ดีจะมีอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ง่าย

4. ก่อนการฝึกควรมีอบอุ่นร่างกายโดยการ เดิน วิ่งเยอะๆ วิ่งให้ก้าวยาวขึ้น และวิ่งเร็วสูงสุด ตามลำดับเป็นระยะประมาณ 800-1200 เมตร แล้วตามด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ดินติแมน วอร์ด และเทลเลซ (Dintiman, Ward and Tellez, 1988) ได้กล่าวถึงเกณฑ์ในการฝึก ดังนี้

1. ความถี่ในการฝึก (Frequency) ไม่ควรฝึกเกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

2. ปริมาณการฝึก (Volume) หรือหมายถึงจำนวนการฝึกปฏิบัติซ้ำ การฝึกด้วยจำนวนครั้งที่น้อย ยังเกิดประโยชน์มากกว่าการฝึกด้วยจำนวนครั้งที่มากเกินไป โดยจำนวนรวมของการกระโดดไม่ควรเกิน 80-100 ครั้งต่อการฝึกในแต่ละช่วง ซึ่งเหมาะสำหรับนักกีฬาเริ่มฝึกหัด หรือนักกีฬาที่ฝึกในระยะแรกเริ่ม ของโปรแกรมการฝึก โดยเวอโรเชนสกี (Verhoshanski, 1969) ได้แนะนำว่าไม่ควรฝึกเด็พธ์จัมพ์เกิน 40 ครั้งต่อการฝึกในแต่ละช่วง

3. การฟื้นตัว (Recovery) สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงผลของการฝึกก็เพื่อต้องการพัฒนาความเร็ว แบบแข็งแรง (Speed strength) ซึ่งไม่ใช้ความเร็วแบบอดทน (Speed endurance) ดังนั้นจึงต้องหยุดพัก เพื่อฟื้นตัวในระหว่างการกระโดดแต่ละครั้ง ระหว่างเซต และ ระหว่างการฝึกซ้อมทั้งหมด ให้เหมาะสม โดยพักระหว่างการปล่อยตัวจากกล่องแต่ละครั้งประมาณ 5-10 วินาที และพักระหว่างเซต 2-3 นาที ส่วน การพักระหว่างการฝึกซ้อมทั้งหมดจะใช้เวลาประมาณ 2 -4 วัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดกีฬา และเวลาทั้งหมด ของวงจรการฝึกซ้อมรอบปี ซึ่งโดยทั่วไปการหยุดพัก 2 วัน จะเหมาะกับการฝึกในช่วงระยะก่อนถึงฤดู แข่งขัน (Preseason) และการหยุดพัก 3-4 วัน จะเหมาะกับการฝึกในช่วงฤดูแข่งขัน (Competitive season) กุญแจที่ทำให้การฝึกสัมฤทธิ์ผลคือการทำท่าฝึกแต่ละครั้งด้วยแรงระเบิดและท่าทางที่ถูกต้อง นอกจากนี้ เวอโรเชนสกี (Verhoshanski, 1969) ได้แนะนำว่าไม่ควรฝึกเด็พธ์จัมพ์เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

วิลสัน (Wilson, 1994) ได้กล่าวถึงข้อดี และข้อเสียของการฝึกพลัยโอเมตริกไว้ดังนี้

ข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะแรงระเบิดมากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแรงอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อด้วย จากการศึกษาของเฮคคิเนน อลัน และ โคมิ; เฮคคิเนน โคมิ และ อลัน (Hekkinen, Alan, and Komi; Hekkinen, Komi, and Alan, 1985) พบว่า ในลักษณะของการฝึก พลัยโอเมตริกนั้นทำให้นักกีฬาสามารถเพิ่มอัตราการพัฒนาแรง และ พลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักตามประเพณีนิยม

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะไม่มีการผ่อนแรงลดอัตราความเร็วลงในระยะที่จะสุดช่วง ของการเคลื่อนที่เหมือนที่เกิดขึ้นกับการฝึกด้วยน้ำหนักซึ่งน้ำหนักจะหยุดอยู่ที่ช่วงของการเคลื่อนไหว พอดี ดังนั้นพลัยโอเมตริกจึงเป็นการออกแรงมากและเพิ่มอัตราความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ซึ่ง เหมือนกับลักษณะของกีฬาส่วนใหญ่

3. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูงกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก ทำให้สามารถถ่ายโยงลักษณะของการเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วสูงไปยังสถานการณ์ในการแข่งขันจริงได้

4. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของวงจรเหยียด-สั้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเหมือนกับการทำงานของกล้ามเนื้อในนักกีฬาส่วนใหญ่ จากการศึกษาของ สมิสไบเซอร์ กูลฮอพเฟอร์ และ ฟลิค (Schmidtbleicher, Gollhofer and Frick, 1988) พบว่า กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการสนับสนุนความสามารถในการใช่วงจรเหยียด-สั้น โดยการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่เกิดจากการเหยียดตัวออกของกล้ามเนื้อ และรีเฟล็กซ์ยืดมากขึ้น

ข้อเสียของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกทำให้เกิดแรงกระแทกในระดับสูงเมื่อลงสู่พื้น ซึ่งแรงกระแทกขนาด 3-4 เท่า ของน้ำหนักตัวนั้นทำให้เกิดการบาดเจ็บในระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูกได้ ถ้าไม่มีการเตรียมพื้นฐานความแข็งแรงมาก่อน และใช้พื้นรองรับที่ลดแรงกระแทกได้ เช่น แผ่นยาง และรองเท้าที่มีการลดแรงกระแทก

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกตามแบบที่ใช้ทั่วไปนั้น ในการฝึกส่วนล่างของร่างกายก็จะใช้น้ำหนักตัวเป็นน้ำหนักในการฝึก ส่วนบนของร่างกายนั้นก็จะใช้เมดิซินบอล ขนาด 3-10 กิโลกรัมเป็นน้ำหนักในการฝึก โดยในการฝึกส่วนล่างของร่างกายโดยใช้น้ำหนักตัวนั้น ไม่สามารถกำหนดอย่างแน่นอนได้ ถึงแม้ว่าจะมีความผู้ที่พยายามศึกษาจนได้ความสูงของกล่องในท่าฝึกเด็พธ์จัมพ์ของผู้ที่มีน้ำหนักต่างๆ กัน ทั้งนี้ยังมีปัจจัยด้านเพศ อายุ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ตลอดจนความแข็งแรงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

การฝึกส่วนบนของร่างกายโดยใช้เมดิซินบอลขนาด 3-10 กิโลกรัมนั้น ไม่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์มารองรับว่าใช้ความหนักเท่าไหร่จึงเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจากการวิจัยพบว่าพลังกล้ามเนื้อจะพัฒนาได้ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำหนักประมาณ 30 – 40 % ของความแข็งแรงสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามในการฝึกพลัยโอเมตริกไม่ใช้ความหนักนี้ในการฝึก

3. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในด้านจำนวนของท่าฝึก โดยท่าฝึกส่วนใหญ่เป็นท่าฝึกสำหรับส่วนล่างของร่างกายที่เน้นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดสะโพกและขา ส่วนการฝึกส่วนบนของร่างกายมีการใช้เมดิซินบอลนั้น แต่ความหนักของเมดิซินบอลยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นลักษณะการเคลื่อนไหวบางอย่างยังไม่สามารถใช้การฝึกพลัยโอเมตริกได้

4. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในด้านการให้ผลย้อนกลับ (Feedback) จากการฝึกได้ โดยชู (Chu, 1992) พบว่า จากท่าฝึกจำนวน 89 ท่า มีเพียง 12 ท่าเท่านั้น ที่สามารถให้ผลย้อนกลับจากการฝึกได้ เช่น จำนวนครั้งที่สัมผัส หรือเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ แต่ไม่สามารถให้ผลย้อนกลับในด้านพลังกล้ามเนื้อได้ว่าในการปฏิบัติแต่ละครั้งของท่าฝึกนั้นพลังกล้ามเนื้อจะมีค่าเท่าไหร่ ไม่เหมือนกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่สามารถทราบค่าของความหนักในการปฏิบัติแต่ละครั้งของท่าฝึกได้ แม้ว่าการฝึก

พลัยโอเมตริกในบางท่า จะสามารถวัดความสูงของการปฏิบัติได้ แต่ก็เป็นการให้ผลย้อนกลับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การฝึกพลัยโอเมตริกจึงเปรียบเสมือนฝึกคนตาบอด

5. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูงดังนั้น ความแข็งแรงที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักหรืออาจกล่าวได้ว่าการฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกที่ต้องใช้ความเร็วสูงในการเคลื่อนที่ ดังนั้นการสร้างแรงจากการฝึกแบบพลัยโอเมตริกจึงน้อยกว่ารูปแบบการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม เนื่องจากมีการเข้าจับและปล่อยออก ระหว่าง แอกติน และไมโอซินครอสบริดจ์ (Myosin cross-bridges) บ่อยด้วยความเร็ว จึงทำให้ความตึงในกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากการหดตัวด้วยความเร็วทำให้ไม่มีเวลามากพอ ในการที่จะสร้างแรงได้สูงสุด

ขั้นตอนการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และวิธีการหาความสูงของแท่นในการฝึก

ชู (Chu, 2001) ได้กล่าวว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์ จะเกี่ยวข้องกับการใช้กลุ่มของกล้ามเนื้อสะโพก ต้นขา และน่อง โดยบอกถึงขั้นตอนการฝึกดังนี้

1. ยืนอยู่บนแท่นโดยงอเข่าเล็กน้อย พร้อมกับให้ปลายเท้าอยู่ที่ขอบแท่น

2. หย่อนตัวลงจากกล่องโดยใช้น้ำหนักตัวของร่างกาย และแรงดึงดูดของโลก เป็นแรงต้านในการออกแรงเพื่อกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งให้สูงที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

ลอร์ด และ คัมพานา (Lord and Campagna, 1997) ได้อธิบายถึงการหาความสูงของแท่นกระโดดที่ใช้ในการฝึกเด็พธ์จัมพ์ดังนี้

1. ความสูงของแท่นกระโดดที่ยืนให้เริ่มต้นที่ 20 เซนติเมตร ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกตามวิธีที่ถูกต้องด้วยการกระโดดลงจากแท่น พร้อมกับการย่อเข่า เหวี่ยงแขนทั้งสองข้างไปด้านหลังโดยไม่ให้ส้นเท้าแตะพื้น

2. จากนั้นกระโดดขึ้นในแนวดิ่งพร้อมกับเหวี่ยงแขนทั้งสองขึ้นไปด้านบน

3. ให้กลุ่มตัวอย่างกระโดด 5 ครั้ง แล้ววัดความสูง

4. จากนั้นให้เพิ่มความสูงของแท่นขึ้นไปทีละ 10 เซนติเมตร แล้วดูว่าความสูงระดับใดที่ทำให้กระโดดได้สูงที่สุด

แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้ให้คำแนะนำการฝึกเด็พธ์จัมพ์ไว้ดังนี้

1. ให้หย่อนตัว (Step) ลงมาไม่ใช้การกระโดดลง (Jump) และลงถึงพื้นให้พร้อมกันทั้ง 2 เท้าเมื่อลงสู่พื้นแล้วให้รีบกระโดดขึ้นให้เร็วและสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. ตอนลงสู่พื้นระยะของเท้าทั้งสองห่างกันประมาณระยะหัวไหล่ พร้อมทั้งลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นให้เร็วที่สุด

3. ต้องแน่ใจว่าหัวเข่าอยู่ในแนวเดียวกับปลายเท้าหรือนิ้วชี้ของเท้า (The second toes) ทั้งในขณะลงสู่พื้นและจังหวะที่จะกระโดดขึ้น (Take-off)

4. พยายามทำให้เวลาที่เท้าสัมผัสพื้นเหลือน้อยที่สุด

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเด็พธ์จัมพ์

แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้วิเคราะห์ถึงกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึกเด็พธ์จัมพ์ไว้ดังนี้

ข้อต่อสะโพก (Hip joint)

การเคลื่อนไหว (Movement)

- งอสะโพก (Flexion),
- เหยียดสะโพก (Extension)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles)

- กลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius) (Posterior fibres)
- ไบเซพส์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)
- เซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- เซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)
- แอ็ดดัคเทอะ แมกนัส (Adductor magnus) (posterior fibres)

ข้อเข่า (Knee joint)

การเคลื่อนไหว(Movement)

- งอเข่า (Flexion),
- เหยียดเข่า (Extension)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles)

- เรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris)
- แว็สทัส มีดิเอลิส (Vastus medialis)
- แว็สทัส อินเทอมีเดียส (Vastus intermedius)
- แว็สทัส แล็ทเทอเรลิส (Vastus lateralis)

ข้อเท้า (Ankle joint)

การเคลื่อนไหว(Movement)

- เหยียดข้อเท้า (Plantarflexion)
- งอข้อเท้า (Dorsiflexion)

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว (Mobilizing muscles)

- แกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)

- โซเลียส (Soleus)
- ทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- เพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- เพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง

สมพงศ์ วัฒนาโภคยกิจ (2541) ได้ศึกษาผลและหาค่าความแตกต่างของการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยใช้กล่องระดับความสูงต่างกัน ที่มีต่อความสามารถในการกระโดดของนักวอลเลย์บอลชาย อายุระหว่าง 16-18 ปี จำนวน 40 คน โดยแบ่งนักกีฬาออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ดังนี้

กลุ่มควบคุม ฝึกวอลเลย์บอลเพียงอย่างเดียว 60 นาที

กลุ่มที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริก ที่ความสูง 45 เซนติเมตร ควบคู่กับการฝึกวอลเลย์บอล 60 นาที

กลุ่มที่ 3 ฝึกพลัยโอเมตริก ที่ความสูง 60 เซนติเมตร ควบคู่กับการฝึกวอลเลย์บอล 60 นาที

กลุ่มที่ 4 ฝึกพลัยโอเมตริก ที่ความสูง 75 เซนติเมตร ควบคู่กับการฝึกวอลเลย์บอล 60 นาที

ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการยืนกระโดดแตะฝาผนัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของ ตูกี เอ พบว่าค่าเฉลี่ยของความสามารถในการยืนกระโดดแตะฝาผนังของกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริกโดยใช้ความสูง 60 เซนติเมตร ควบคู่การฝึกวอลเลย์บอล มากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งฝึกวอลเลย์บอลเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ .ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีอายุระหว่าง 18 – 24 ปี จำนวน 20 คน ทำการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงพื้นฐานเป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มทดลอง ที่ 2 ฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่าหลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก มีพลังระเบิดของ กล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่งเลี้ยงลูกบาสเกตบอลระยะ 30 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุทธิกร อาภานุกูล (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยในการฝึกกลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก และฝึกทักษะเทนนิส โดยฝึกซ้อม 2 วันต่อสัปดาห์
ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ก่อนการทดลองกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกและกลุ่มที่ฝึกแบบอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าการกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

ฮิกบิ และคณะ (Higbie et al., 1996) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการฝึก2รูปแบบ คือ ฝึกแบบคอนเซ็นตริก และฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ที่มีผลต่อพื้นที่ตัดขวางของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และได้ทำการศึกษาในผู้หญิง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ฝึกแบบคอนเซ็นตริก จำนวน 16 คน
2. ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก จำนวน 19 คน

แต่ละกลุ่มฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ในท่างอเข่า (knee-extension training) ฝึก 3 เซ็ตๆ ละ 10 ครั้งเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า จากการตรวจสอบด้วยคลื่นแม่เหล็กพบว่า พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก เพิ่มขึ้น 6.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริกที่เพิ่มขึ้น 5.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ฮอร์โตแบกยิ แบริเออ และคณะ (Hortobagyi, Barrier et al. 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

ฮอร์โตแบกยิ ฮิล และคณะ (Hortobagyi, Hill et al., 1996) ได้ทดสอบสมมุติฐานที่ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก จะทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่กว่าการฝึกแบบคอนเซ็นตริก โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่มคือ

1 ฝึก ไอโซคิเนติค แบบคอนเซ็นตริก

2.ฝึก ไอโซคิเนติค แบบเอ็คเซ็นตริก

โดยแต่ละกลุ่มฝึก 4-6 เซ็ตๆ ละ 8-12 ครั้ง ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทั้ง 2 กลุ่มแต่พบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ในกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก

มัธทาวัลจ์ และคณะ (Matavulj et al., 2001) ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกในนักกีฬาบาสเกตบอลในระดับมหาวิทยาลัย ในท่าฝึกเด็พธ์จัมพ์โดยแบ่งการฝึกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 50 เซ็นติเมตร และกลุ่มที่ 2 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 100 เซนติเมตร ทำการฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม สามารถเพิ่มความสูงขึ้นจากเดิมในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) 4.8 และ 5.6 เซนติเมตร ในกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทั้ง2 นอกจากนี้ยังได้ทดสอบแรงสูงสุดในการเหยียดสะโพกและเข่าแบบไอโซเมตริก (The maximal voluntary force in isometric condition of hip and knee extensor) โดยใช้เครื่องไดนาโมมีเตอร์ (A strain gauge dynamometer) ผู้ทดสอบนั่งและถูกควบคุมมุมของสะโพกและเข่าที่ 110 องศาในการออกแรง พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีการเพิ่มขึ้นของแรงสูงสุดในการเหยียดเข่าแบบไอโซเมตริก และไม่พบการเพิ่มขึ้นของแรงสูงสุดในการเหยียดสะโพกเฉพาะในกลุ่มที่ 1 โดยได้สรุปผลการวิจัยว่า การฝึกพลัยโอเมตริกในท่าฝึกเด็พธ์จัมพ์ยังเป็นท่าฝึกที่มีประสิทธิภาพแม้แต่ในนักกีฬาระดับสูง

ฟาร์ธิง และ คิลลิเบค (Farthing and Chilibeck, 2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการทำท่างอข้อศอก (Elbow flexor) โดยคำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก ทำการทดลองในอาสาสมัคร 24 คน อายุประมาณ 18–36 ปี ที่ไม่เคยผ่านการฝึกแบบแรงต้านทาน โดยออกแบบความเร็วในการยกสองรูปแบบ

ได้แก่ เร็ว [fast, 180° s^{-1}(3.14 rad s^{-1})] และช้า [30° s^{-1}(0.52 rad s^{-1})] โดยแบ่งการฝึกเป็นสองเงื่อนไข ดังนี้

1. ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกแบบเร็ว และช้า
2. ฝึกแบบคอนเซ็นตริกแบบเร็ว และช้า

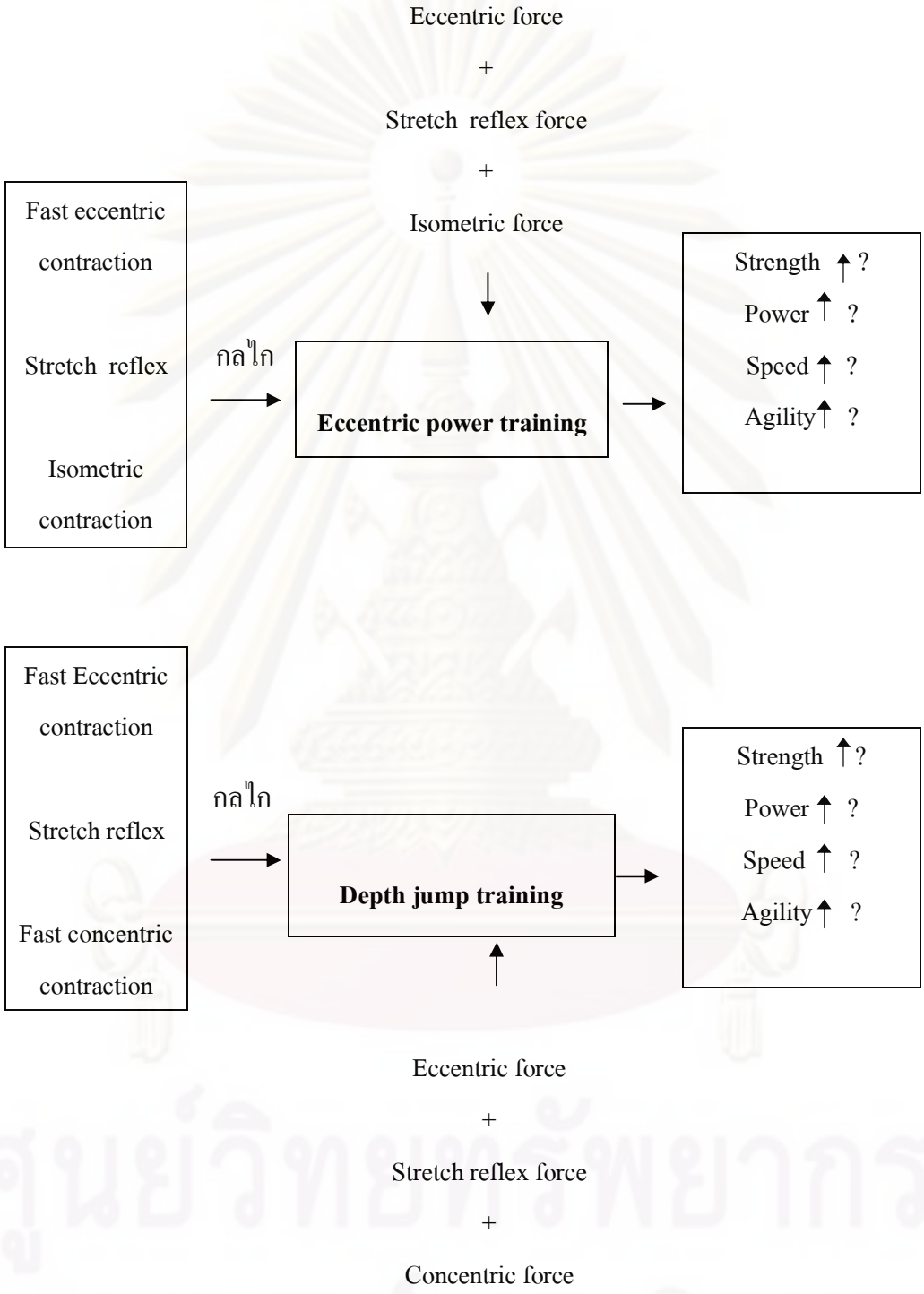
ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกแบบเร็ว ทำให้มีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อได้มากกว่ากลุ่มที่ฝึกคอนเซ็นตริกแบบเร็ว และแบบช้า และกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกแบบเร็วมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกคอนเซ็นตริกแบบเร็ว และแบบช้า อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิสซิง และคณะ (Vissing et al., 2008) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกโดยใช้แรงต้านเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ในบุคคลที่ยังไม่เคยได้รับการฝึกใดๆมาก่อน พบว่ากลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความสูงของการกระโดดในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยความสูงจากการกระโดดเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ฝึกใช้แรงต้านไม่พบแตกต่างก่อนฝึก และหลัง

โธแมส เฟรนช และ ฮาเยส (Thomas, French and Hayes, 2009) ที่ได้ศึกษาในนักกีฬาฟุตบอลถึงผลของการฝึกพลัยโอเมตริกในนักกีฬาฟุตบอล 2 รูปแบบ จึงได้แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มที่ฝึกท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) แบบต่อเนื่อง ทำการฝึกในนักกีฬาฟุตบอล เป็นเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง พบว่าทั้ง 2 รูปแบบการฝึกสามารถพัฒนาความสูงในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) และความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จึงสรุปได้ว่า ทั้ง 2 รูปแบบการฝึกสามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา และความค่องแคล่วว่องไวได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. รูปแบบของการวิจัย
4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาวอลเลย์บอลชายในระดับอุดมศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อขาในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise) โดยต้องสามารถยกน้ำหนัก ได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว ให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 10 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Sample random sampling) โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่าๆกัน โดยมีโปรแกรมฝึกดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก
กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 เครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW - 300

1.2 สเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่สามารถเพิ่มความสูงได้ทีละ 5 ซม.

1.3 แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (force platforms)

1.4 อุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนัก โอลิมปิกบาร์เบล (Olympic barbell)

1.5 เทปวัดระยะ

1.6 แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (505 agility test)

1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.8 เครื่องวัดส่วนสูง

2. โปรแกรมฝึก

การพัฒนาโปรแกรมฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริกและเด็พธ์จัมพ์ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาโปรแกรมฝึกซ้อมปกติของนักกีฬาวอลเลย์บอลบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 กำหนดโปรแกรมฝึกในส่วนของการเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยให้อยู่ในโปรแกรมฝึกของนักกีฬาในแต่ละวัน

2.3 ศึกษาโปรแกรมฝึกจากหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์ แล้วให้นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 6 ท่าน (ภาคผนวก ช) ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ซึ่งค่าที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 (Cox and Vargas, 1996)

2.5 นำโปรแกรมมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

2.6 ศึกษานำร่องโดยการทดลองใช้ โปรแกรมฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริก ที่ใช้การหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ซึ่งใช้ในการหย่อนตัวที่เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคน และโปรแกรมฝึกเด็พธ์จัมพ์ ที่ใช้การหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ซึ่งเหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคน โดยทดลองใช้โปรแกรมฝึกกับนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 10 คน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อดูความเหมาะสมของโปรแกรมกับนักกีฬาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดโปรแกรมการฝึก โดยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่1 ระยะพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ เป็นการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อเตรียมร่างกาย โดยใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise) ซึ่งทำการฝึกด้วยอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนัก โอลิมปิกบาร์เบล (Olympic barbell) ฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ใช้เวลาครั้งละ 1 ชั่วโมง คือเวลา 16.30 น.-17.30 น. รวมทั้งฝึกตามโปรแกรมฝึกซ้อมปกติ ตั้งแต่ วันจันทร์ถึงวันศุกร์

ตารางที่ 2 แสดงโปรแกรมฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ ท่าที่ใช้ในการฝึกใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise)

ความหนัก (%ของ1 RM) *	จำนวนครั้ง	จำนวนชุด	จังหวะการฝึกแต่ละครั้ง	เวลาพัก (นาที)
ประมาณ 85%	6	5	เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้	3

(*) 1 Repetition Maximum หรือค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้เพียงครั้งเดียว

ระยะที่ 2 ระยะพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 6 สัปดาห์ มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ในวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี รวมทั้งฝึกตามโปรแกรมฝึกซ้อมปกติ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์

โปรแกรมฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ประกอบด้วยโปรแกรมฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริก และโปรแกรมฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตารางที่ 3 แสดงโปรแกรมฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริก

กลุ่มทดลองที่1	ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box)	จำนวนครั้ง	จังหวะการฝึกแต่ละครั้ง	จำนวนชุด	เวลาพัก (นาที)
ฝึกพลังกล้ามเนื้อขาแบบเอ็คเซ็นตริก	ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ใช้จะเท่ากับความสูงที่ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงมาแล้วสามารถทรงตัวได้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า(Ball of feet)โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้น	6	เร็วและนิ่งเมื่อลงสู่พื้น	5	3

ตารางที่ 4 แสดงโปรแกรมฝึกเด็พธ์จัมพ์

กลุ่มทดลองที่2	ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ *	จำนวนครั้ง	จังหวะการฝึกแต่ละครั้ง	จำนวนชุด	เวลาพัก (นาที)
ฝึกเด็พธ์จัมพ์	ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่แต่ละคนกระโดดลงมาแล้วกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งทันทีได้สูงที่สุด	6	เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้	5	3

(*) ที่มา ลอร์ด และ คัมพานา (Lord and Campagna, 1997)

2.7 นำโปรแกรมฝึกไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยออกแบบการทดลองที่มีการจัดดำเนินการแบบสุ่มและมีกลุ่มไว้สำหรับเปรียบเทียบ (True-experimental designs)

มีการทดสอบ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ประกอบด้วย

1. ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว โดยการแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ด้วยอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนัก สมิธแมทชีน (Smith machine)

2. ทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา โดยใช้ท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศาแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) ด้วยเครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW - 300

3. ทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration ability) โดยวัดความเร่ง ณ ระยะทางที่ห่างจากจุดเริ่มต้น 10 เมตร ด้วยการวิ่งให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

4. ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา (505 agility test)

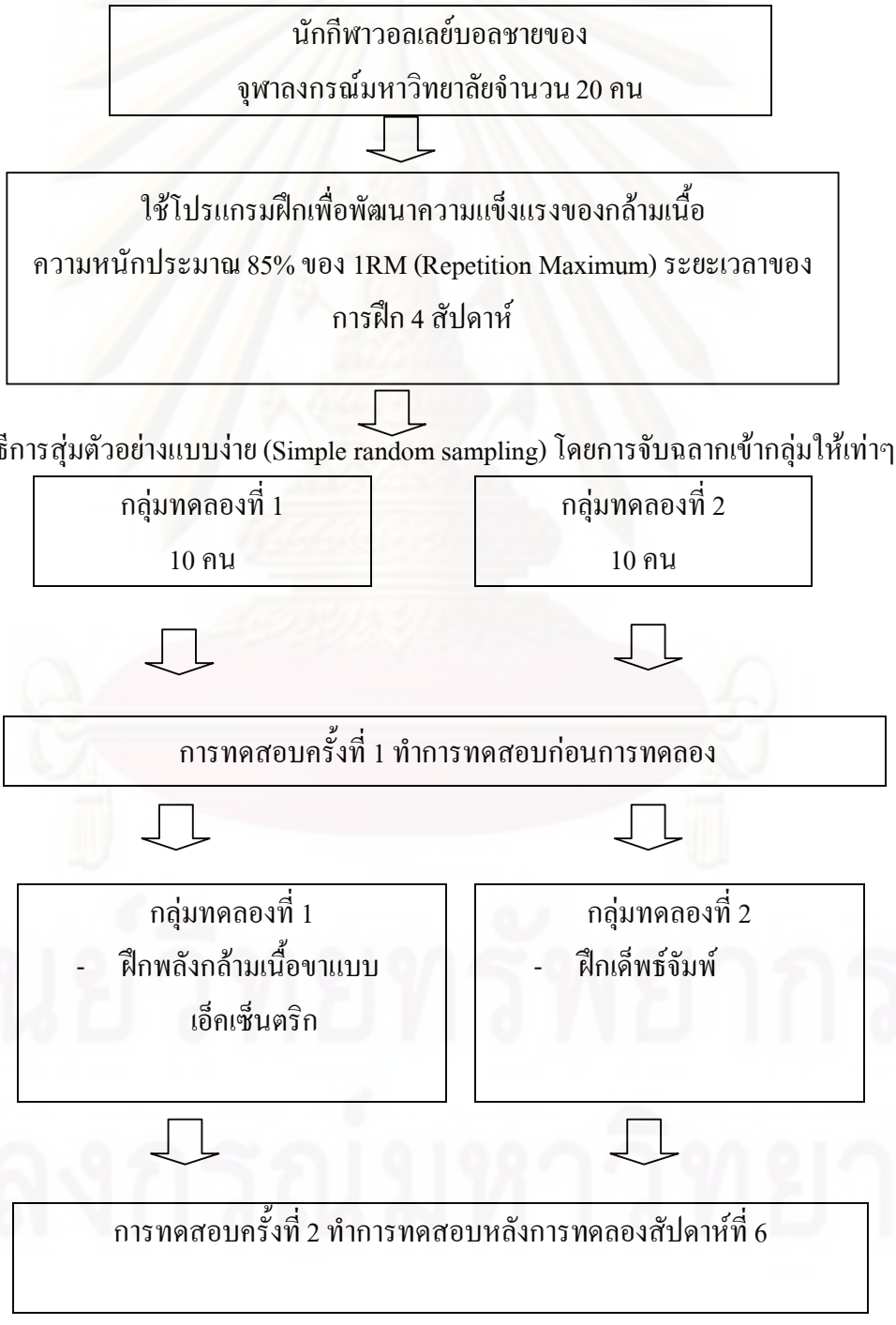
การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean)
2. วิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
3. เปรียบเทียบผลของการทดสอบทุกรายการภายในกลุ่ม โดยการทดสอบค่า “ที” (Pair t-test)
4. เปรียบเทียบผลของการทดสอบทุกรายการระหว่างกลุ่มโดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test)
5. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขั้นตอนในการวิจัย

ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยนักกีฬาต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักตัวย่อเข่าทำมุม135องศาต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise) ได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีทางสถิติ แล้วจึงนำผลวิเคราะห์เสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตอนที่ 4 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์	5	1	0	0.83
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat)ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise)	5	1	0	0.83
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึกประมาณ 85% ของ 1RM	5	0	1	0.66
4. จำนวนครั้งต่อชุด จำนวน 6 ครั้ง	5	0	1	0.66
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด	5	0	1	0.66
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที	5	1	0	0.83
7. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์ พุธ และศุกร์)	6	0	0	1

จากตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่าไม่มีเนื้อหาใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อมีความเหมาะสม

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก 6 สัปดาห์	5	1	0	0.83
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ให้ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ซึ่งความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ใช้จะเท่ากับความสูงที่ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงมาแล้วสามารถทรงตัวได้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of feet) โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้น ซึ่งสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึกจะมีการทดสอบหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ใหม่อีกครั้ง	5	1	0	0.83
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 6 ครั้ง	6	0	0	1
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด	5	1	0	0.83
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที	6	0	0	1
6. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์ ,พฤหัสบดี)	5	1	0	0.83

จากตารางที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก พบว่าไม่มีเนื้อหาใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกมีความเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์ 6 สัปดาห์	5	1	0	0.83
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ให้รับการทดลองกระโดดลงจาก สเต็ปบ็อกซ์ (Step box) โดยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ที่แต่ละคนกระโดดลงมาแล้วกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งทันทีได้สูงที่สุด โดยสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึกมีการทดสอบความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ใหม่อีกครั้ง	6	0	0	1
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 6 ครั้ง	6	0	0	1
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด	6	0	0	1
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที	6	0	0	1
6. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์,พฤหัสบดี)	5	1	0	0.83

จากตารางที่ 7 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่าไม่มีเนื้อหาใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์มีความเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 n=10		กลุ่มที่ 2 n=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (เท่าของน้ำหนักตัว)						
ก่อนการทดลอง	3.51	0.54	3.43	0.31	0.42	0.680
หลังการทดลอง	3.90	0.46	3.44	0.34	2.55	0.021*

* $p < .05$

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 3.51 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 3.43 เท่าของน้ำหนักตัว และหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกเท่ากับ 3.90 เท่าของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 2 เด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 3.44 เท่าของน้ำหนักตัว

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อ น้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 n=10		กลุ่มที่ 2 n=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)						
ก่อนการทดลอง	36.57	9.23	35.86	6.52	0.20	0.845
หลังการทดลอง	41.00	7.74	40.10	7.65	0.26	0.798

$p > .05$

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 36.57 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 35.86 วัตต์ต่อกิโลกรัม และหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 41.00 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 40.10 วัตต์ต่อกิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีพลังกล้ามเนื้อขาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 n=10		กลุ่มที่ 2 n=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตร/วินาที²)						
ก่อนการทดลอง	2.92	0.31	2.92	0.43	-0.02	0.981
หลังการทดลอง	3.08	0.33	3.13	0.37	-0.36	0.722

$p > .05$

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากันคือ เท่ากับ 2.92 เมตร/วินาที² และหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 3.08 เมตร/วินาที² และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 3.13 เมตร/วินาที²

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความสามารถในการเร่งความเร็ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 n=10		กลุ่มที่ 2 n=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย (วินาที)						
ก่อนการทดลอง	3.04	0.18	3.03	0.19	0.21	0.838
หลังการทดลอง	2.79	0.10	2.82	0.12	-0.62	0.546

$p > .05$

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 3.04 วินาที และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 3.03 วินาที และหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 2.79 วินาที และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 2.82 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 n=10		กลุ่มที่ 2 n=10		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านขวา (วินาที)						
ก่อนการทดลอง	3.00	0.15	2.96	0.17	0.60	0.556
หลังการทดลอง	2.77	0.12	2.81	0.12	-0.79	0.442

$p > .05$

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 3.00 วินาที และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 2.96 วินาที และหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 2.77 วินาที และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ เท่ากับ 2.81 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (เท่าของน้ำหนักตัว) กลุ่มที่ 1 (n=10)	3.51	0.54	3.90	0.46	-4.93	0.001*

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.51 เท่าของน้ำหนักตัว และหลังการทดลอง เท่ากับ 3.90 เท่าของน้ำหนักตัว

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของน้ำหนักตัว พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)						
กลุ่มที่ 1 (n=10)	36.57	9.23	41.00	7.74	-4.51	0.001*

* $p < .05$

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาก่อนการทดลอง เท่ากับ 36.57 วัตต์ต่อกิโลกรัม และหลังการทดลอง เท่ากับ 41.00 วัตต์ต่อกิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีพลังกล้ามเนื้อขา มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตร/วินาที²)						
กลุ่มที่ 1 (n=10)	2.92	0.31	3.08	0.33	-3.01	0.015*

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง เท่ากับ 2.92 เมตร/วินาที² และหลังการทดลอง เท่ากับ 3.08 เมตร/วินาที²

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความสามารถในการเร่งความเร็ว มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย (วินาที)						
กลุ่มที่ 1 (n=10)	3.04	0.18	2.79	0.10	5.20	0.001*

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 1ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลองเท่ากับ 3.04 วินาที และหลังการทดลอง เท่ากับ 2.79 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านขวา (วินาที) กลุ่มที่ 1 (n=10)	3.00	0.15	2.77	0.12	5.69	0.000*

* $p < .05$

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวาก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.00 วินาที และหลังการทดลอง เท่ากับ 2.77 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (เท่าของน้ำหนักตัว) กลุ่มที่ 2 (n=10)	3.43	0.31	3.44	0.34	-0.15	0.881

$p > .05$

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.43 เท่าของน้ำหนักตัว และหลังการทดลอง เท่ากับ 3.44 เท่าของน้ำหนักตัว

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พบว่า ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังกล้ามเนื้อขา (วัตต์ต่อกิโลกรัม)						
กลุ่มที่ 2 (n=10)	35.86	6.52	40.10	7.65	-3.54	0.006*

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาก่อนการทดลอง เท่ากับ 35.86 วัตต์ต่อกิโลกรัม และหลังการทดลอง เท่ากับ 40.10 วัตต์ต่อกิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความสามารถในการเร่งความเร็ว (เมตร/วินาที²)						
กลุ่มที่ 2 (n=10)	2.92	0.43	3.13	0.37	-4.81	0.001*

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วก่อนการทดลอง เท่ากับ 2.92 เมตร/วินาที² และหลังการทดลอง เท่ากับ 3.13 เมตร/วินาที²

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็ว พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความสามารถในการเร่งความเร็ว มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย (วินาที) กลุ่มที่ 2 (n=10)	3.03	0.19	2.82	0.12	5.30	0.000*

* $p < .05$

จากตารางที่ 21 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.03 วินาที และหลังการทดลอง เท่ากับ 2.82 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย พบว่าหลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไวโดยการกลับตัวทางด้านขวา (วินาที) กลุ่มที่ 2 (n=10)	2.96	0.17	2.81	0.12	3.46	0.007

$p > .05$

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา ก่อนการทดลอง เท่ากับ 2.96 วินาที และหลังการทดลอง เท่ากับ 2.81 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา พบว่าก่อนการทดลองและหลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวา มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

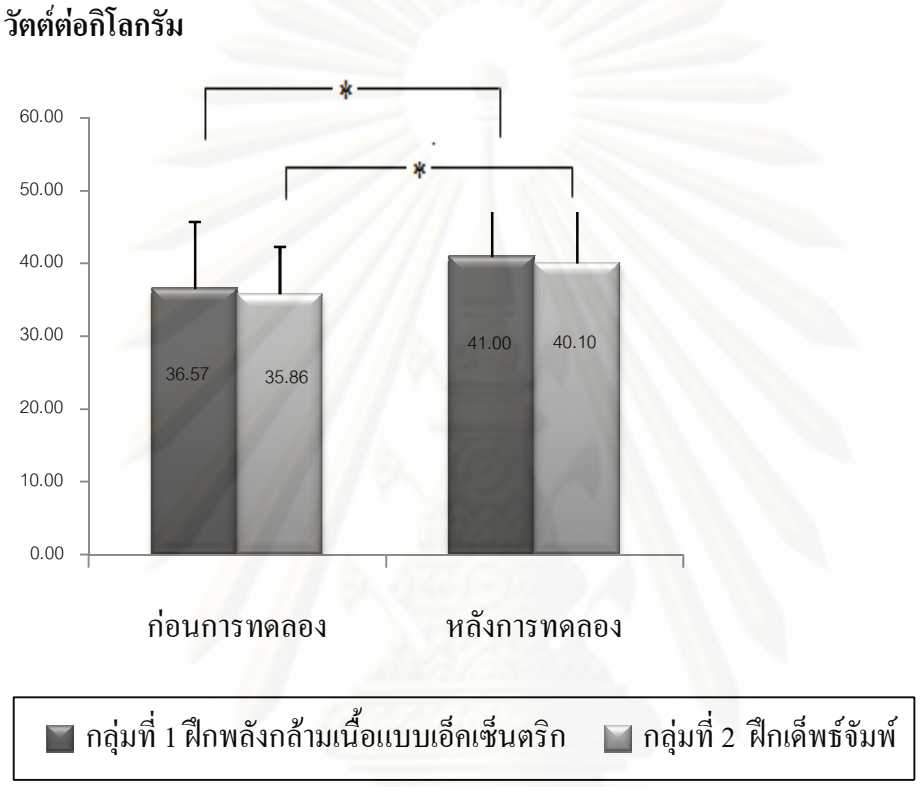
แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

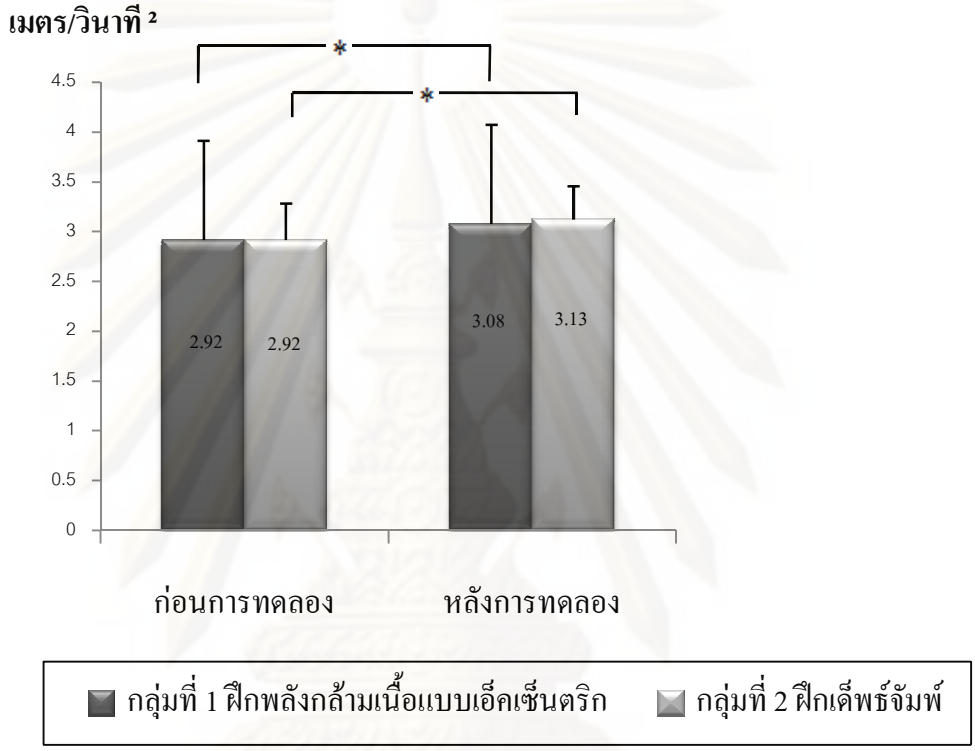
แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

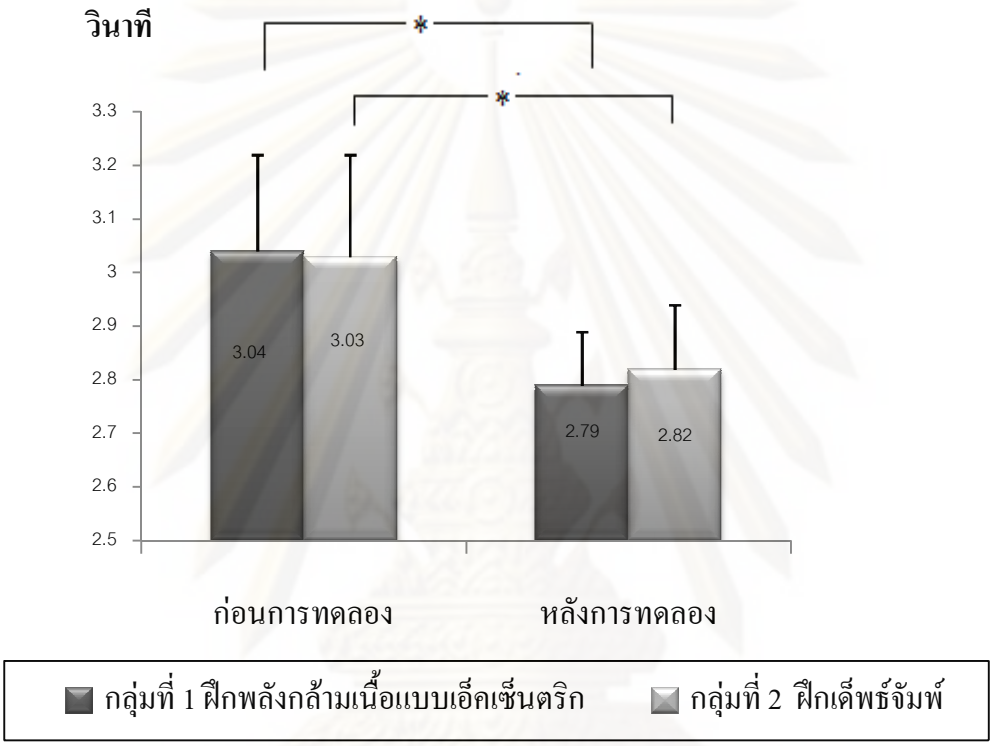
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการเร่งความเร็ว ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

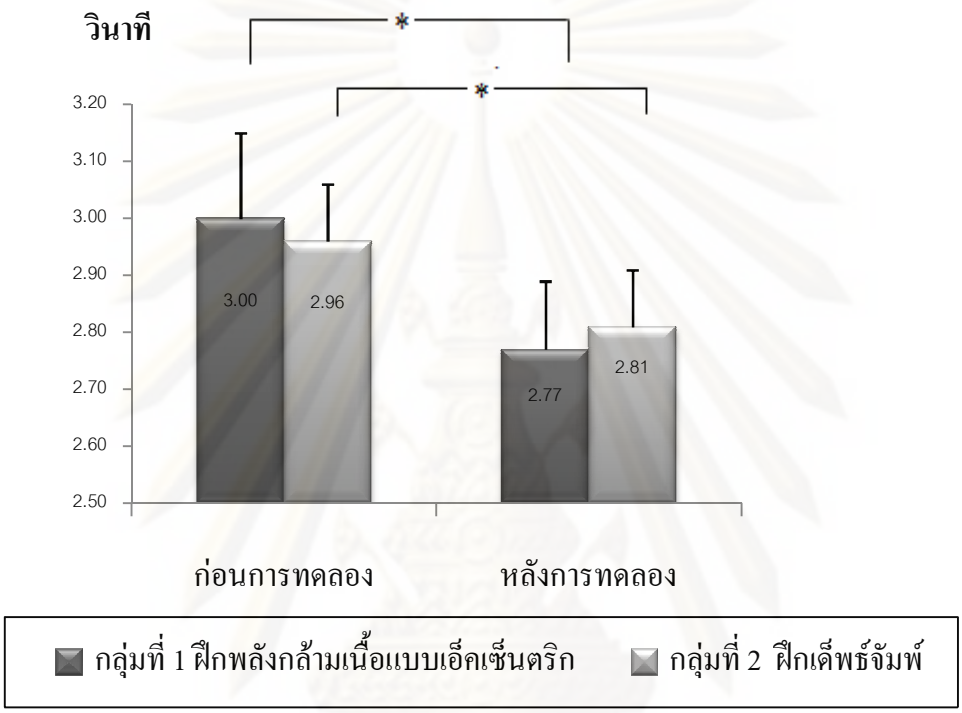
แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านขวา ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ด้วยน้ำหนัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง



* มีค่าเฉลี่ยดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาวอลเลย์บอลชายในระดับอุดมศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อขาในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise) โดยต้องสามารถยกน้ำหนัก ได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว ให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 10 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Sample random sampling) โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่าๆกัน และทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ในวันจันทร์และวันพฤหัสบดี เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ในส่วนของการทดสอบนั้นได้มีการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้งคือ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง โดยค่าต่างๆที่ทำการเก็บรวบรวมประกอบด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกลุ่มโดยการทดสอบค่า “ที” (Independent t-test) และเปรียบเทียบผลการทดลองทุกรายการก่อนและหลังการฝึก โดยการทดสอบค่า “ที” (Pair t-test)

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีพลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้าย และขวา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการทดลอง กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. หลังการทดลอง กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีพลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่าหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.51±0.54 เท่าของน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.90±0.46 เท่าของน้ำหนักตัว) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.43±0.31เท่าของน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.44±0.34 เท่าของน้ำหนักตัว) การวิจัยครั้งนี้แสดงว่ากลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์อย่างเห็นได้ชัด โดยจะพบว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว และแบบไอโซเมตริก ส่วนการฝึกเด็พธ์จัมพ์ ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว และแบบคอนเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว ซึ่ง วิลสัน (Wilson, 1994) ได้กล่าวไว้ว่าการเกิดแรงมากที่สุดนั้นมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกรองลงมาเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกนั้นมีรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่สามารถสร้างแรงได้มากลำดับที่หนึ่ง และสอง ส่วนการฝึกเด็พธ์จัมพ์มีรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่สามารถสร้างแรงได้มากลำดับที่หนึ่งและสาม และยิ่งไปกว่านั้น จากการวิจัยในครั้งนี้กลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกผู้ฝึกจะต้องหย่อนตัวลงมาจากตำแหน่งที่สูงกว่ากลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ โดยกลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกมีค่าเฉลี่ยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่ใช้ฝึกเท่ากับ

103 เซนติเมตร ในขณะที่กลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์จะมีค่าเฉลี่ยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ใช้ฝึกเท่ากับ 67 เซนติเมตร เพราะฉะนั้นกลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกจึงมีแรงมากระทำมากกว่า พร้อมกันนั้นผู้ฝึกยังต้องย่อตัวลงมาด้วยมุมของเข่าและสะโพกที่มากกว่า จึงเป็นการเน้นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อที่สามารถสร้างแรงได้มากที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อที่สามารถสร้างแรงได้มาก จึงทำให้เกิดความตึงในกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์ จึงส่งเสริมให้การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกพบว่า หลังการทดลอง มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.51±0.54 เท่าของน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.90±0.46 เท่าของน้ำหนักตัว) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เป็นวิธีฝึกที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยจะพบว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นการฝึกเน้นให้กล้ามเนื้อขาหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างเต็มที่ด้วยความเร็วสูง (Fast eccentric contraction) เพื่อรับน้ำหนักตัวจากการหย่อนตัวลงมาจากที่สูง ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงดึงดูดของโลก โดยหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว จะถูกระดมมาทำงาน ซึ่งการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกนี้จะก่อให้เกิดการเก็บสะสมพลังงานศักย์ นอกจากนี้เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างเต็มที่ด้วยความเร็วสูง จึงทำให้เกิดรีเฟล็กยืด (Stretch reflex) ด้วย โดยทั้ง 2 แรงที่เกิดขึ้นนี้จะถูกเก็บสงวนไว้ พร้อมกันนั้นเมื่อลงสู่พื้นกล้ามเนื้อขาจะต้องหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric contraction) อย่างมากเพื่อให้ลำตัวอยู่นิ่ง สอดคล้องกับแนวคิดของ บอมพา (Bompa, 1999) ที่กล่าวว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็ว จะส่งผลต่อการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มากกว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอัตราเร็วที่ช้า ซึ่งจะไปกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ดังนั้นการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็ว จะก่อให้เกิดความตึงในกล้ามเนื้อได้มาก เพราะมีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก จึงทำให้มีความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มขึ้น ดังที่ บอมพา (Bompa) กล่าวว่า การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดนั้นมาจากการปรับตัวของระบบประสาทในการระดมใช้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั่นเอง และได้กล่าวเกี่ยวกับท่าฝึกดร็อปจัมพ์ (Drop jump) ซึ่งเป็นท่าฝึกลักษณะเดียวกันกับท่าฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ว่าเป็นท่าฝึกที่สามารถสร้างความตึงในกล้ามเนื้อได้มาก จึงทำให้นักกีฬาสร้างความแข็งแรงขึ้นได้ นอกจากนี้ยังสัมพันธ์ กับ ข้อสรุปของไวเนค (Weineck, 1990) ที่ได้กล่าวว่า กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก และ กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จะมีขนาดใหญ่และประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ โดยจากการที่ แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้วิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อในท่า

ฝึกดร็อปจัมพ์ พบว่าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในเหยียดสะโพก และเหยียดเข่า และจากการที่บอมพา (Bompa) กล่าวว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็วจะทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก ดังนั้นการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกจึงเป็นการฝึกที่ทำให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดสะโพก และเหยียดเข่า ซึ่งมีขนาดใหญ่และประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้เกิดความตึงขึ้นได้มาก เป็นผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี และนอกจากนี้ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นน่าจะเกิดจากการที่กล้ามเนื้อขาจะต้องหดตัวแบบไอโซเมตริก (Isometric contraction) หลังจากการลงสู่พื้นเพื่อให้ลำตัวอยู่นิ่ง สอดคล้องแนวคิดของ บอมพา (Bompa) ที่กล่าวว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก จะสร้างความตึงที่สูงในกล้ามเนื้อจึงทำให้การฝึกแบบนี้มีประโยชน์มากที่สุดในช่วงการฝึกความแข็งแรงสูงสุด และการฝึกแบบนี้ยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดมากกว่าวิธีอื่นๆ 10-15 เปอร์เซ็นต์ โดยแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกที่ถูกใช้ต้านกับ แรงต้านทานนั้น ความตึงในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจนสูงสุดที่ประมาณ 2-3 วินาที ต่อเนื่องไปจนสิ้นสุด สอดคล้องกับ วิลสัน (Wilson, 1994) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบไอโซเมตริกที่ออกแรงเกร็งด้วยแรงสูงสุดโดยใช้เวลา 2-4 วินาทีในแต่ละครั้ง และฝึก 3-4 ครั้งต่อวัน ฝึกเป็นระยะเวลาประมาณ 5 สัปดาห์ จะสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้มาก นอกจากนี้จากการรวบรวมงานวิจัยของแม็กดูแนก และเดวี่ส์; สก็อต แม็คคัลลี่ และรัธเธอะเฟิร์ด; ลิล และรัธเธอะเฟิร์ด (McDonagh and Davies, 1984: Schott, McCully, and Rutherford, 1995: Lyle and Rutherford, 1998) พบว่า ทั้งการฝึกแบบไอโซเมตริกที่มีการเกร็งกล้ามเนื้อ 10 วินาที หรือมากกว่า หรือการฝึกแบบไอโซเมตริกที่มีการเกร็งโดยใช้เวลาสั้นๆ ประมาณ 2-3 วินาที ก็สามารถที่จะเพิ่มความแข็งแรงได้ ยิ่งไปกว่านั้น แฟล็ง และแครเมอร์ (Fleck and Kraemer, 2004) ได้กล่าวว่า จากความสอดคล้องกันโดยส่วนใหญ่จากการฝึกแบบไอโซเมตริกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงในบุคคลปกติทั่วไปพบว่าการฝึกแบบไอโซเมตริกให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นต้องฝึกแบบไอโซเมตริกด้วยแรงสูงสุด 15-20 ครั้ง และค้างไว้ 3-5 วินาที นอกจากนี้ แฟรงค์ และ ดิค (Frank and Dick, 1989) ยังได้กล่าวว่า การทำงานของแบบเอ็คเซ็นตริกร่วมกับการทำงานแบบไอโซเมตริกด้วยความหนักสูงสุดจะช่วยสามารถพัฒนา ความแข็งแรงแบบคอนเซ็นตริกได้

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง ภายในกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่า มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.43±0.31 เท่าของน้ำหนักตัว ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.44±0.34 เท่าของน้ำหนักตัว) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงว่า การฝึกเด็พธ์จัมพ์ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรง ซึ่งสอดคล้องกับ วิลสัน (Wilson, 1994) ที่ได้กล่าวไว้ในข้อเสียของการฝึกแบบพลัยโอเมตริกว่า เป็นการฝึกที่ต้องใช้ความเร็วสูงในการเคลื่อนที่ ดังนั้นการสร้างแรงจากการฝึกแบบพลัยโอเมตริกจึงน้อยกว่ารูปแบบการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม เนื่องจากมีการเข้าจับและปล่อยออก ระหว่าง แอกติน และ

ไมโอซินครอสบริดจ์ (Myosin cross-bridges) บ่อยด้วยความเร็ว จึงทำให้ความตึงในกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากการหดตัวด้วยความเร็วทำให้ไม่มีเวลา มากพอในการที่จะสร้างแรงได้สูงสุด สอดคล้องกับ มัธทาวัลจ์ และคณะ (Matavulj et al., 2001) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกในนักกีฬา บาสเกตบอลในระดับมหาวิทยาลัย โดยแบ่งการฝึกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 50 เซ็นติเมตร และกลุ่มที่ 2 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 100 เซนติเมตร ทำการฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ ละ 3 ครั้ง ได้ทดสอบแรงสูงสุดในการเหยียดสะโพกและเข่าแบบไอโซเมตริก (The maximal voluntary force in isometric condition of hip and knee extensor) โดยใช้เครื่องไดนาโมมิเตอร์ (A strain gauge dynamometer) ผู้ทดสอบนั่งและถูกควบคุมมุมของสะโพกและเข่าที่ 110 องศาในการออกแรง พบว่าทั้ง สองกลุ่มไม่มีการเพิ่มขึ้นของแรงสูงสุดในการเหยียดเข่าแบบไอโซเมตริก และไม่พบการเพิ่มขึ้นของแรง สูงสุดในการเหยียดสะโพก เฉพาะในกลุ่มที่ 1

2. พลังกล้ามเนื้อขา

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่า มีพลังกล้ามเนื้อขาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 36.57±9.23 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 41.00±7.74 วัตต์ต่อกิโลกรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์มีค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 35.86±6.52 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 40.10±7.65 วัตต์ต่อกิโลกรัม) ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นว่าทั้งการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และ การฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก พบว่าหลังการทดลอง มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 36.57±9.23 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 41.00±7.74 วัตต์ต่อกิโลกรัม) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกช่วยทำให้พลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นจริง สอดคล้องกับ โอ'เช (O'Shea, 2000) ที่ได้กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากผลคูณของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าถ้าทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรือความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่ม ก็ทำให้ค่าผลคูณเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งจะพบว่าในกลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกมีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ถึงแม้ว่าในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาว่าการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการหดตัวแบบไอโซเมตริกอย่างรวดเร็วนั้น มีผลทำให้ความเร็วในการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกเพิ่มขึ้นหรือไม่ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าพลังกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจาก ความแข็งแรงของ

กล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ข้อสรุปของไวเนค (Weineck, 1990) ที่ว่า ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดนั้น จะต้องพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ โดยจากการที่ แบรนดอน (Brandon, 2010) ได้วิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อในท่าฝึกดรอปจัมพ์ ซึ่งเป็นท่าฝึกลักษณะเดียวกันกับท่าฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก พบว่า จะมีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดสะโพก เหยียดเข่า และเหยียดข้อเท้า และจากการที่บอมพา (Bompa, 1999) ได้กล่าวว่า การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยความเร็ว จะส่งผลต่อการปรับตัวของระบบประสาทในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้นั้น จึงกล่าวได้ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกจะทำให้เกิดการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในเหยียดสะโพก และเหยียดเข่า ซึ่งประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังที่เพาเวอร์ และ ดอดด์ (Powers and Dodd, 2009) ได้กล่าวว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จะหดตัวได้เร็วและสร้างแรงได้มากจึงเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วและแรงในการเคลื่อนไหว เช่น การวิ่งเร็ว การกระโดด เพราะฉะนั้นการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก จึงทำให้มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์พบว่าหลังการทดลอง มีพลังกล้ามเนื้อขามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 35.86±6.52 วัตต์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 40.10±7.65 วัตต์ต่อกิโลกรัม) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การฝึกเด็พธ์จัมพ์ ซึ่งเป็นการฝึกในรูปแบบพลัยโอเมตริก ช่วยทำให้พลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นจริง สอดคล้องกับ โอ'เช (O'Shea, 2000) ที่ได้กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากผลคูณของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าถ้าทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรือความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่ม ก็ทำให้ค่าผลคูณเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งจะพบว่าในกลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ไม่มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพราะฉะนั้นเมื่อพิจารณาจากสูตรผลคูณข้างต้นจึงกล่าวได้ว่าพลังกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากการที่มีความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับ ฮูเบอร์ (Huber, 1987) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก มีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่าการเหยียดตัวออกอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหดตัว จะทำให้เกิดผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้น การที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกเร็วเท่าใด ก็ยิ่งมีการพัฒนาแรงหดตัวสั้นเข้าทันทีทันใดมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการฝึกพลัยโอเมตริก จึงมีเป้าหมายเพื่อเชื่อมระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งก็คือการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั่นเอง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ ข้อสรุปของ ไวเนค (Weineck,1990) ที่ว่า ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดและการวิ่งนั้น จะต้องพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อ

เหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า โดยแบรนดอน (Brandon, 2010) ได้กล่าวถึง ท่าฝึกเด็พธ์จัมพ์ ซึ่งพบว่าจะมีการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก เหยียดเข่า และเหยียดข้อเท้า ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าฝึกเด็พธ์จัมพ์ จะช่วยทำให้กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดสะโพก เหยียดเข่า และเหยียดข้อเท้า สามารถหดตัวได้เร็วและแรงยิ่งขึ้น จึงเป็นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของโธแมส เฟรนช และ ฮาเยส (Thomas, French, and Hayes, 2009) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริก 2 รูปแบบ ได้แก่ กลุ่มที่ ฝึกเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มที่ฝึกท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump)แบบต่อเนื่อง ในนักกีฬาฟุตบอล เป็นเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง พบว่าการฝึกทั้ง 2 รูปแบบสามารถพัฒนาความสูงในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) ได้ ซึ่งสัมพันธ์กับ วิสซิง และคณะ (Vissing et al., 2008) ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ในบุคคลที่ยังไม่เคยได้รับการฝึกใดๆมาก่อน พบว่าสามารถพัฒนาความสูงของการกระโดดในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01โดยความสูงจากการกระโดดเพิ่มขึ้นจากเดิม 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ มัธทาวัลจ์ และคณะ (Matavulj et al., 2001) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกในนักกีฬาบาสเกตบอลในระดับมหาวิทยาลัย โดยแบ่งการฝึกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 50 เซ็นติเมตร และกลุ่มที่ 2 ให้หย่อนตัวจากกล่องที่สูง 100 เซนติเมตร ทำการฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม สามารถเพิ่มความสูงจากเดิม ในท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) 4.8 และ 5.6 เซนติเมตร ในกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

3. ความสามารถในการเร่งความเร็ว

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่า มีความสามารถในการเร่งความเร็วไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.92±0.31 เมตร/วินาที^{2} ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.08±0.33 เมตร/วินาที^{2}) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเร่งความเร็วเพิ่มขึ้น (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.92±0.43เมตร/วินาที^{2} ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.13±0.37เมตร/วินาที^{2}) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงว่าการฝึกทั้ง 2 รูปแบบนั้นมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วได้เป็นอย่างดี

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก พบว่าหลังการทดลอง มีความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.92±0.31 เมตร/วินาที^{2} ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.08±0.33 เมตร/วินาที^{2}) ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการ

ทดลอง และหลังการทดลอง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก โดยการเพิ่มของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขานี้ จะเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความสามารถในการเร่งความเร็ว ดังที่ เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) ได้กล่าวว่า ในการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าด้วยความเร็วจำเป็นต้องอาศัยพลังและความแข็งแรงเป็นองค์ประกอบสำคัญ นักกีฬาที่มีแค่ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว แต่ขาดพลังระเบิด ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกตัวหรือเปลี่ยนจังหวะในการปรับเร่งความเร็วในการเคลื่อนไหว ผลก็คือ ความเร็วต้นในการวิ่งระยะสั้นไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็วในการวิ่งจำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อควบคู่กันไป สอดคล้องกับ กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน แรง (Force) = มวล (Mass) × ความเร่ง (Acceleration) ดังนั่น ถ้าเพิ่มแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้มาก อัตราเร่งก็จะมากขึ้น โดยในการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกนั้นสามารถที่จะระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก จึงก่อให้เกิดแรงที่ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวต่อไป เพราะฉะนั้นจึงทำให้นักกีฬามีแรงมากพอที่จะเอาชนะน้ำหนักตัวได้ง่ายขึ้น เป็นผลให้มีความสามารถในการเร่งความเร็วเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับบอมพา (Bompa, 1999) ที่ได้กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว โดยการเพิ่มแรงกดของเท้าดันต้านกับพื้นวิ่งได้มากขึ้น ดังนั้นการฝึกพลังกล้ามเนื้อ จะช่วยทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก ก็จะทำให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วได้ในระดับสูงตามที่ต้องการ และยังสอดคล้องกับ ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ที่ได้กล่าวว่าความเร็วเริ่มต้นของนักกีฬาจะขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อมากก็สามารถที่จะสร้างความเร่งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งความเร่งนี้จะขึ้นอยู่กับแรงของกล้ามเนื้อที่ได้จากการฝึก และจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และชนิดผสมที่ถูกระดมมาใช้นั้น

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่าหลังการทดลอง มีความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.92±0.43เมตร/วินาที² ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 3.13±0.37เมตร/วินาที²) ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการเพิ่มของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขานี้ จะเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความสามารถในการเร่งความเร็ว สอดคล้องกับบอมพา (Bompa, 1999) ที่ได้กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วโดยการเพิ่มแรงกดของเท้าดันต้านกับพื้นวิ่งได้มากขึ้น ซึ่งการฝึกพลังกล้ามเนื้อเช่น

การฝึกพลัยโอเมตริก จะสามารถระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก จึงส่งผลให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วได้ในระดับสูงตามที่ต้องการ สัมพันธ์กับ ชาร์เกย์ และแกสคิลล์ (Sharkey and Gaskill, 2006) ที่ได้กล่าวว่าความเร็วเริ่มต้นของนักกีฬาจะขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อมากก็สามารถที่จะสร้างความเร่งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งความเร่งนี้จะขึ้นอยู่กับแรงของกล้ามเนื้อที่ได้จากการฝึก และจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และชนิดผสมที่ถูกระดมมาใช้นั้น และยังสัมพันธ์กับ วิลสัน (Wilson, 1994) ที่ได้กล่าวว่าการฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นการกระทำในลักษณะของแรงระเบิดจึงเป็นการฝึกให้นักกีฬาได้ใช้แรงอย่างรวดเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จึงส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ

4. ความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา โดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่า มีความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.04±0.18 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.79±0.10 วินาที) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.03±0.19 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.82±0.12 วินาที) และกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.00±0.15 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.77±1.20 วินาที) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.96±0.17 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.81±0.12 วินาที) ซึ่งผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นแล้วว่าทั้งการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และ ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มพลังของ กล้ามเนื้อขาได้เป็นอย่างดี

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก พบว่าหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้าย มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.04±0.18 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.79±0.10 วินาที) และมีค่าเฉลี่ย

ความคล่องแคล่ววองไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.00±0.15 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.77±1.20 วินาที) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกช่วยทำให้ความคล่องแคล่ววองไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวาเพิ่มขึ้นจริง แต่ไม่เพียงเท่านั้นทางผู้วิจัยได้ศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆของความคล่องแคล่ววองไวอื่นด้วย ทั้งความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา โดยที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง กลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก มีการเพิ่มขึ้นของทั้งความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการเพิ่มของความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขานี้ ยังเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความคล่องแคล่ววองไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา ในกลุ่มที่ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกได้เป็นอย่างดี ซึ่งสัมพันธ์กับ บอมพา (Bompa, 1999) ที่ได้กล่าวไว้ว่าความคล่องแคล่ววองไว จะเกิดจากการทำงานสนับสนุนกันด้วยองค์ประกอบสี่ส่วนคือ ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และการทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเร่งความเร็วในการวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา จึงทำให้ความคล่องแคล่ววองไวเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้การพัฒนาความคล่องแคล่ววองไวที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกทำให้มีพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกในการรับแรงกระแทกจากการวิ่งด้วยความเร็วสูงจึงสามารถช่วยชะลอความเร็วของนักกีฬาวอลเลย์บอลได้อย่างเหมาะสมก่อนที่จะกลับตัวแล้วใช้พลังกล้ามเนื้อในการเร่งความเร็วต่อไปได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ บอมพา (Bompa) ที่ได้กล่าวเกี่ยวกับพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ไว้ว่า การชะลอความเร็วอย่างรวดเร็วสลับกับการเร่งความเร็ว นั้นกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง ซึ่งความสามารถในการรับแรงกระแทกจากการวิ่งนี้จะต้องการพลังกล้ามเนื้อและมุมในการงอขา ซึ่งคล้ายกับการลดแรงกระแทกจากการลงสู่พื้น และยังได้กล่าวเกี่ยวกับ พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ว่านักกีฬาที่มีการฝึกของพลังกล้ามเนื้อ จะสามารถระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก จึงส่งผลให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วได้ในระดับสูงตามที่ต้องการ

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์ พบว่าหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 3.03±0.19 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 2.82±0.12 วินาที) และมีค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่ววองไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านขวามากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง 2.96±0.17 วินาที ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง

2.81±0.12 วินาที) จากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์ ช่วยทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวาเพิ่มขึ้นจริง แต่ไม่เพียงเท่านั้นทางผู้วิจัยได้ศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆของความคล่องแคล่วว่องไวอื่นด้วย ทั้งความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา จากที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง กลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งการเพิ่ม ความสามารถในการเร่งความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อขานี้ ยังเป็นการส่งเสริมผลของการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาโดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา ในกลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสัมพันธ์กับ เฮคคิเนน อลัน และ โคมิ (Hekkinen, Alan, and Komi, 1985) ที่ได้กล่าวว่า การเกิดการปรับตัวของประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptations) จะสัมพันธ์กับความบ่อยในการสั่งการกล้ามเนื้อ และสัมพันธ์กับรูปแบบของการสั่งการที่เคยเกิดขึ้น ดังนั้น การฝึกเด็พธ์จัมพ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับวงจรการยืดเหยียดและการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Stretch shortening cycle) เหมือนกับการฝึกความคล่องแคล่วว่องไว เนื่องจากนักกีฬาจะต้องมีการหยุดอย่างรวดเร็ว เพื่อที่จะเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งการฝึกทั้ง 2 แบบจะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างเร็วแล้วตามด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก (Carter, 2001) เพราะฉะนั้นการฝึกเด็พธ์จัมพ์ จึงทำให้ประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) เกิดการปรับตัว จากการที่ระบบประสาทต้องสั่งการกล้ามเนื้อให้เคลื่อนไหวบ่อยๆ และมีลักษณะการสั่งการที่เหมือนกันกับการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับ บอมพา (Bompa, 1999)ได้กล่าวเกี่ยวกับพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อเช่น การฝึกพลัยโอเมตริกจะสามารถระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้มาก จึงส่งผลให้นักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วได้ในระดับสูงตามที่ต้องการ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ โธแมส เฟรนช และ ฮาเยส (Thomas, French, and Hayes, 2009) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริก 2 รูปแบบ ได้แก่ กลุ่มที่ฝึกเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มฝึกท่าย่อตัวแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump) ในนักกีฬาฟุตบอล เป็นเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง พบว่าการฝึกทั้ง 2 รูปแบบ สามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศาได้

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก สามารถพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้ดี ทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้เวลาเพียง 6 สัปดาห์ รวมทั้งยังใช้เวลาน้อยในการฝึกแต่ละครั้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการฝึกนักกีฬาที่มีเวลาเตรียมตัวแข่งขันน้อย และยังไม่ต้องใช้อุปกรณ์มากในการฝึกซ้อม โดยสามารถฝึกซ้อมที่สนามวอลเลย์บอลได้เลย

2. การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก เป็นแบบฝึกที่เหมาะสมและสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกก่อนระยะแข่งขัน โดยสามารถที่จะพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาของนักกีฬาวอลเลย์บอลชายได้เป็นอย่างดี จึงทำให้ผลของการเคลื่อนไหวในการแสดงทักษะกีฬาวอลเลย์บอลสูงขึ้น

3. หลังจากการฝึกเพียง 6 สัปดาห์ การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก สามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาได้เทียบเท่ากับการฝึกเด็พธ์จัมพ์ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้ ได้ดีกว่าการฝึกเด็พธ์จัมพ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก จำเป็นต้อง มีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อก่อนเนื่องจาก การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ทำให้เกิดแรงกระแทกมากในขณะสัมพัสพื้น และนักกีฬาควรได้รับคำแนะนำต่างๆจากผู้ฝึกเพื่อให้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดในการฝึกได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ที่มีผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิง และชนิดกีฬาอื่นๆที่จำเป็นต้องใช้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา

2. ควรมีการศึกษาระยะเวลาของการคงอยู่ของผลการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก หลังจากที่ทำการฝึกตามระยะเวลาที่กำหนดไว้แล้วนั้น สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นนั้นจะยังคงอยู่ได้นานเพียงใด เพื่อเป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกได้อย่างถูกต้อง

3. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ในระยะเวลาที่นานกว่า 6 สัปดาห์

4. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกกับส่วนบนของร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เจริญ กระบวนรัตน์. 2538. เทคนิคการฝึกความเร็ว. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เนตร ทองธาระ. 2545. ผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพงษ์ วัฒนาโภคยกิจ. 2542. ผลการฝึกพลัยโอเมตริกโดยใช้กล่องที่มีระดับความสูงแตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธิกร อาภานุกูล. 2552. ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา. 2548. สมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาวอลเลย์บอล [Online]. แหล่งที่มา: http://www.sportscience.go.th

เอกลักษณ์ แสนสุข. 2550. การเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Always, S.E., Sale, D.G.,and MacDougall,J.D. 1990. Twitch contractile adaptations are not dependent on the intensity of isometric exercise in the human triceps surae. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 60, 5: 346-352

Anshel, M. 1990. Sport psychology: From theory to practice. Scotsdale, AZ: Gorsush Scarisbrik.

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

Bompa, O. 1999. Periodization training for sports. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Bompa, O. 2001. Periodization training for peak performance. In B. Foran (ed.), High-performance sports conditioning. Champaigh, Illionis: Human Kinetic.

Brandon, L. 2010. Anatomy for strength and fitness training for speed and sport. Garfield House, London: New Holland publishers.

Carter, C. 2001. Volleyball. In B. Foran (ed.), High-performance sports conditioning**.** Champaigh, Illionis: Human Kinetic.

Chu, D.A. 1992. Jumping into plyometric. Illionis: Leisure Press.

Chu, D.A. 2001. Explosive power. In B. Foran (ed.), High-performance sports conditioning. Champaigh, Illionis: Human Kinetic.

Corbin, C. B. , Welk, G. J., Corbin, W. R., and Welk, K. A. 2008. Concepts of fitness and wellness. **7**th ed. 1221 Avenue of the Americans, New York: The McGraw-Hill companies.

Cox, R.C., Vargas, J.S. 1966. A comparison of item selection technique for norm-referenced and criterion-referenced test. Paper presented at the annual meeting of the national council on measurement in education.

Dintiman, G. B., Ward, R. D., and Tellez, T. 1988. Sport speed. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

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

Farthing, J.P. and Chilibeck, P.D. 2003. The effect of eccentric training at different velocities on musclehypertrophy. European Journal of Applied Physiology. 89, 6: 570-577.

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

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

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

Goldberg, A. L., Etlinger, J. D., Goldspink, D. F., Jablecki, C. 1975. Mechanism of work-induded hypertrophy of skeleton muscle. Medicine and Science in Sports and Exercise. 7: 185-198

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

Hedrick, A. 2007. Training for High Level Performance in Women's Collegiate Volleyball: Part I. Strength and Conditioning Journal. 29, 6: 50.

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

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

Higbie, E.J., Cureton, K.J., Warren, G.L. and Prior, B.M. 1996. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area and neural activation. Journal of Applied Physiology. 81, 5: 2173-2181.

Hortobagyi, T., Barrier, J., Beard, D., Braspennincx, J., Koens, P., Devita, P., Dempsey, L., andLambert, J. 1996. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. Journal of Applied Physiology. 81, 4: 1677-1682.

Hortobagyi, T., Hill, J.P., Houmard, J.A., Fraser, D.D., Lambert, N.J. and Israel, R.G. 1996. Adaptative response to muscle lengthening and shortening in humans. Journal of Applied Physiology. 80, 3: 765–772.

Hunter, G. R. 2000. Essentials of the strength training and conditining. New York: Human Kinetics.

Huber, J. 1987. Increasing a driver's vertical jump though Plyometric training. National Strength and Conditioning Association Journal. 9: 34-36

Lord, P. and Campagna, P. 1997. Drop height selection and progression in a drop Jump program. Strength and Conditioning Journal. 19: 65-69

Lyle, N., and Rutherford, O.M. 1998. A comparison of voluntary versus stimulated strength training of the human adductor pollicis muscle. Journal of Sports Sciences. 16, 3: 267-270

Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., and Jaric, S. 2001 (June). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 41, 2: 159

McDonagh, M.J., and Davies, C.T. 1984. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 52, 2: 139-155

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

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

Prentice,W. E. 1999. Fitness and wellness for life. 6th ed. Boston: WCB McGraw-Hill

Roundtable NSCA. 1986. Practical considerations for utilizing plyometrics. National Strength and Conditioning Association Journal. 8: 14-22.

Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A., and Frick, U. 1988. Effect of a stretch-shortening typed training on the performance capability and innervation charecteristics of leg extensor muscles. In de Groot, G., Hollander, A., Huijing, P., and van Ingen Schenau, G., ed. Biomechanics XI-A. Free University Press. Amsterdam. 7: 185-189

Schott, J., McCully, K., and Rutherford, O.M. 1995. The role of metabolites in strength training II: Short versus long isometric contractions. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 71, 4: 337-341

Sharkey, B.J. and Gaskill, S.E. 2006. Sport physiology for coaches. Champaigh, Illionis: Human Kinetic.

Thomas, K., French, D., and Hayes, P. R. 2009 (January). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer. Journal of Strength and Conditioning Research. 23, 1:332

Verkhoshanski, Y. 1969. Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. Yessis Review of Soviet Physical Education and Sport. 4, 2: 28-29

Verstegen, M. and Marcello, B. 2001. Agility and coordination. In B. Foran (ed.), High-performance sports conditioning. Champaigh, Illionis: Human Kinetic.

Vissing, K., Brink, M., Lønbro, S., Sørensen, H., and Overgaa, K. 2008 (November). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. Journal of Strength and Conditioning Research. 22, 6: 1799

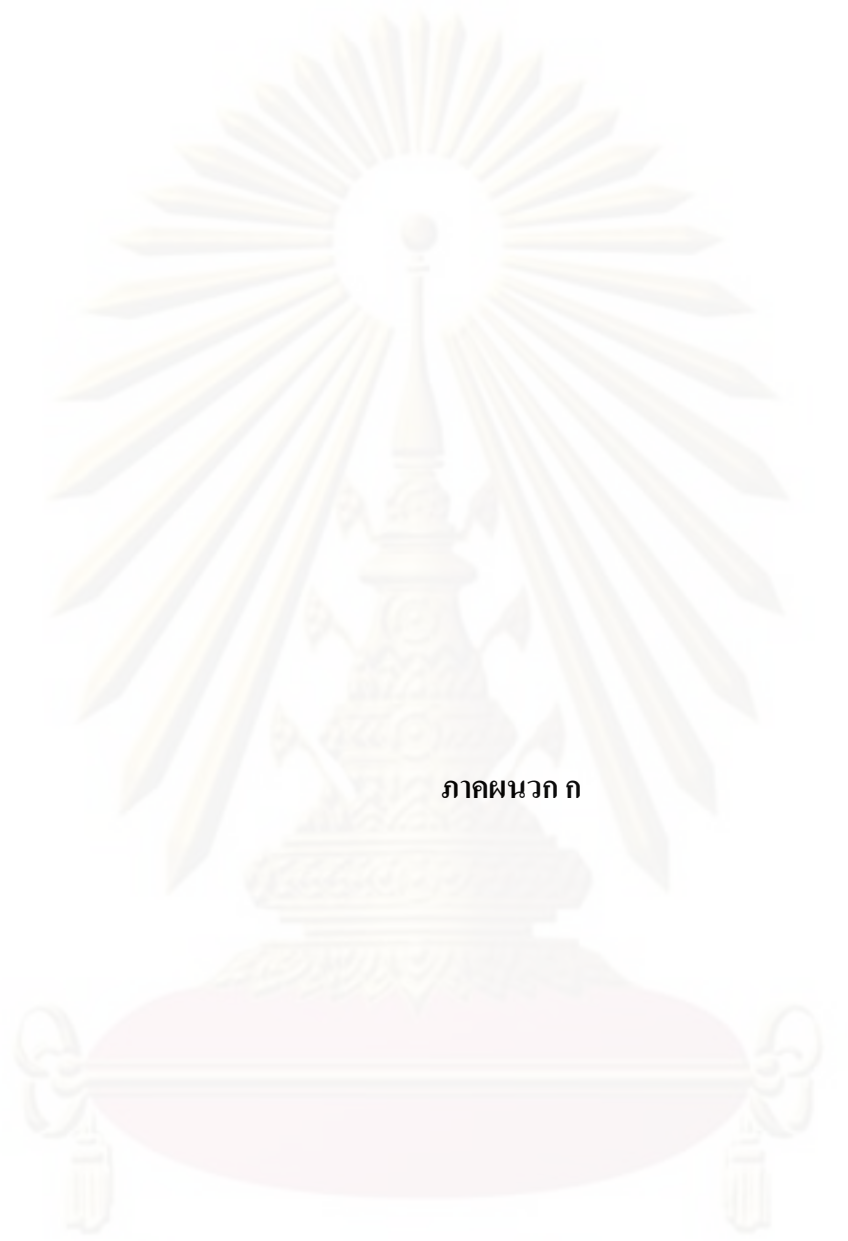
Weineck, J. Functional anatomy in sports. 2 nd ed. St. Louis : Mosby - Year Book, 1990.

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

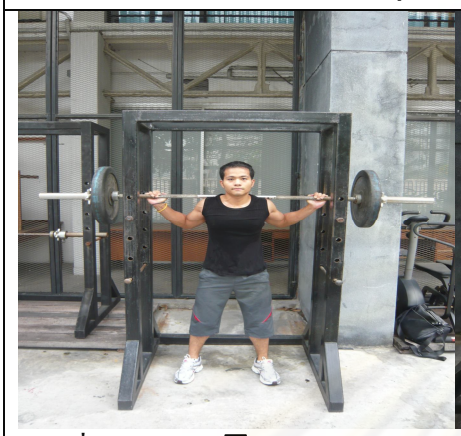
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise)



ภาพที่ 8 ⇩ ด้านหน้า

ภาพที่ 11 ⇩ ด้านข้าง

ภาพที่ 9 ⇩

ภาพที่ 12 ⇩

ภาพที่ 10

ภาพที่ 13

ทิศทางของท่า : ขึ้น-ลงแนวดิ่ง

ขั้นตอนการฝึก :

1. ยืนแบกน้ำหนักไว้บนบ่า เท้าห่างประมาณช่วงไหล่ มือทั้งสองจับคานเหล็กไว้
2. ย่อตัวลงให้เข่าเป็นมุม135 องศา โดยให้น้ำหนักตัวตกอยู่ที่เท้าทั้งสองข้าง
3. ออกแรงดันน้ำหนักขึ้นไปให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในแนวดิ่ง โดยลำตัวตั้งตรงพร้อมกับยกส้นเท้าขึ้นจากพื้น แล้วกลับสู่ท่ายืนตามเดิม

ภาพที่ 8-13 แสดงท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า

โปรแกรมฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ4 สัปดาห์ ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise)

1. การวอร์มอัพ (Warm-up) ประมาณ 10 นาที

- วิ่งเหยาะๆรอบสนาม 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 5 นาที

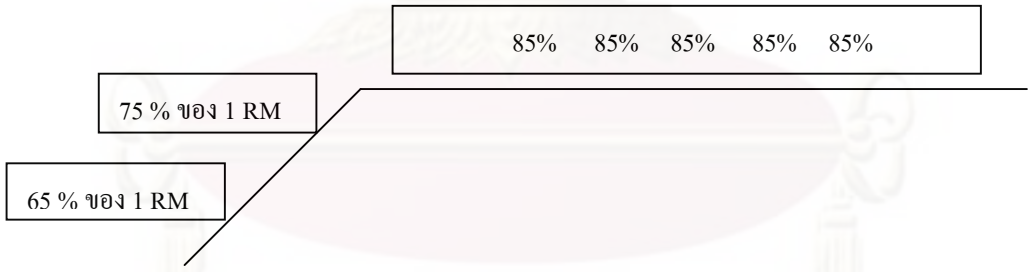
2. ฝึกโปรแกรมพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ประมาณ 30 นาที ใช้แรงต้านในการฝึกแบบพีรมิดราบ (Flat pyramid) (Bompa, 1999)

2.1 การวอร์มอัพ (Warm-up) ฝึก 1 เซ็ต (Set) โดยการใช้แรงต้านเบาๆ 65 % ของ 1 RM หรือ 1 Repetition Maximum* นั้นคือ สามารถยกน้ำหนักที่มากที่สุดได้สูงสุดจำนวน 15 ครั้ง และไม่สามารถยกต่อไปได้เป็นครั้งที่ 16 ได้อย่างเต็มมุมการเคลื่อนไหว (Range of motion)

(*) 1 Repetition Maximum คือ ค่าน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้สูงสุดเพียงครั้งเดียว

2.2 ยกอีก 1 เซ็ต โดยใช้แรงต้านระดับปานกลางที่ 75% ของ 1 RM หรือ สามารถยกน้ำหนักที่มากที่สุดได้สูงสุดจำนวน 10 ครั้ง

2.3 หลังจากนั้นให้คงที่ความหนักที่ 85 % ของ 1 RM หรือ สามารถยกน้ำหนักที่มากที่สุดได้สูงสุดจำนวน 6 ครั้ง จำนวน 5 เซ็ต จนจบการฝึก

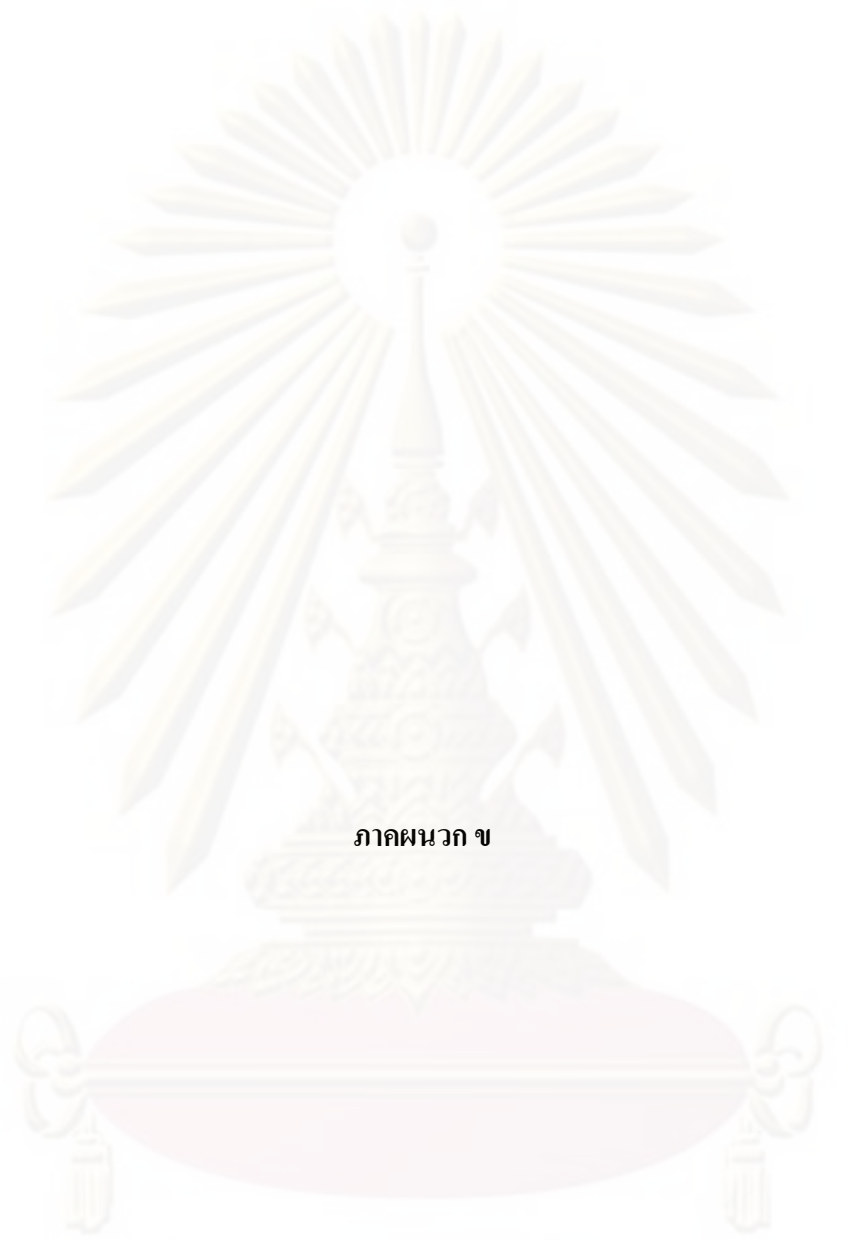


2.4 พักระหว่างเซ็ต 3 นาที ในช่วงที่ใช้ความหนักที่ 85 % ของ 1 RM

3. การคูลดาวน์ (Cool-down) ใช้เวลาทั้งหมด 14 นาที

- การวิ่งเหยาะๆ (Jogging) 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 9 นาที

4. ฝึก 4 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน ในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์



ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่าฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric power training)

ขั้นตอนการฝึก

1. ยืนอยู่บนสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) โดยปลายเท้าชิดกับขอบสเต็ปบ็อกซ์

2. หย่อนเท้าข้างที่ถนัดลงจากสเต็ปบ็อกซ์

3. ลงสู่พื้นโดยสามารถทรงตัวได้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of feet) 3 วินาที โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้นพร้อมกับเหวี่ยงแขนทั้งสองข้างไปด้านหน้า

4.กลับสู่ท่าเริ่มต้นบนสเต็ปบ็อกซ์ ทำต่อเนื่องจนครบโปรแกรมการฝึก

ภาพที่ 14

ภาพที่ 15

ภาพที่ 14–15 แสดงท่าฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก (Eccentric power training)

อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นตรวจรับแรงกระแทก (Force platform) ยี่ห้อ AMTI รุ่น OR6-6
2. กล้องความเร็วสูง
3. สเต็ปบ็อกซ์ (Step box)

วิธีการทดสอบ

1.นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ

2. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด และให้นักกีฬาเรียนรู้โดยลองทำท่าทดสอบ

3. เมื่อทดสอบจริงให้นักกีฬายืนอยู่บนสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ด้วยความสูงเริ่มต้นที่ 20 เซนติเมตร โดยให้เท้าชิดกับขอบสเต็ปบ็อกซ์ เมื่อได้รับสัญญาณจากผู้ถ่ายภาพด้วยกล้องความเร็วสูง แล้วจึงหย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ด้วยเท้าข้างที่ถนัด

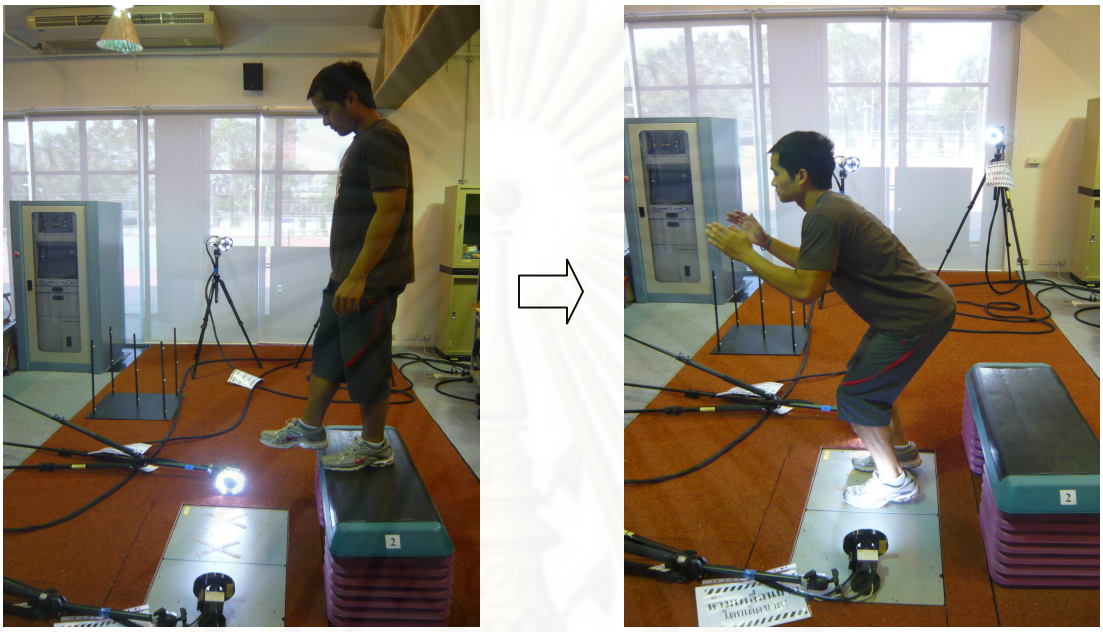
4. ลงสู่พื้นโดยพยายามทรงตัวให้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of feet) 3 วินาที โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้นพร้อมกับเหวี่ยงแขนทั้งสองข้างไปด้านหน้า

5 ทำการตรวจสอบการลงน้ำหนักที่ส้นเท้าด้วยกล้องความเร็วสูงและแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

6. ถ้าไม่มีการลงน้ำหนักที่ส้นเท้าส้นเท้าให้เพิ่มความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ขึ้นไปเรื่อยๆทีละ 10 เซนติเมตร โดยทุกระดับของความสูงที่เพิ่มขึ้นจะต้องทดสอบให้ได้ 3 ครั้ง ใน 5 ครั้งเพื่อป้องกันการเกิดความผิดพลาด

7. เมื่อนักกีฬาทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ 3 ครั้งใน 5 ครั้ง ให้เอาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์นี้ไปใช้ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

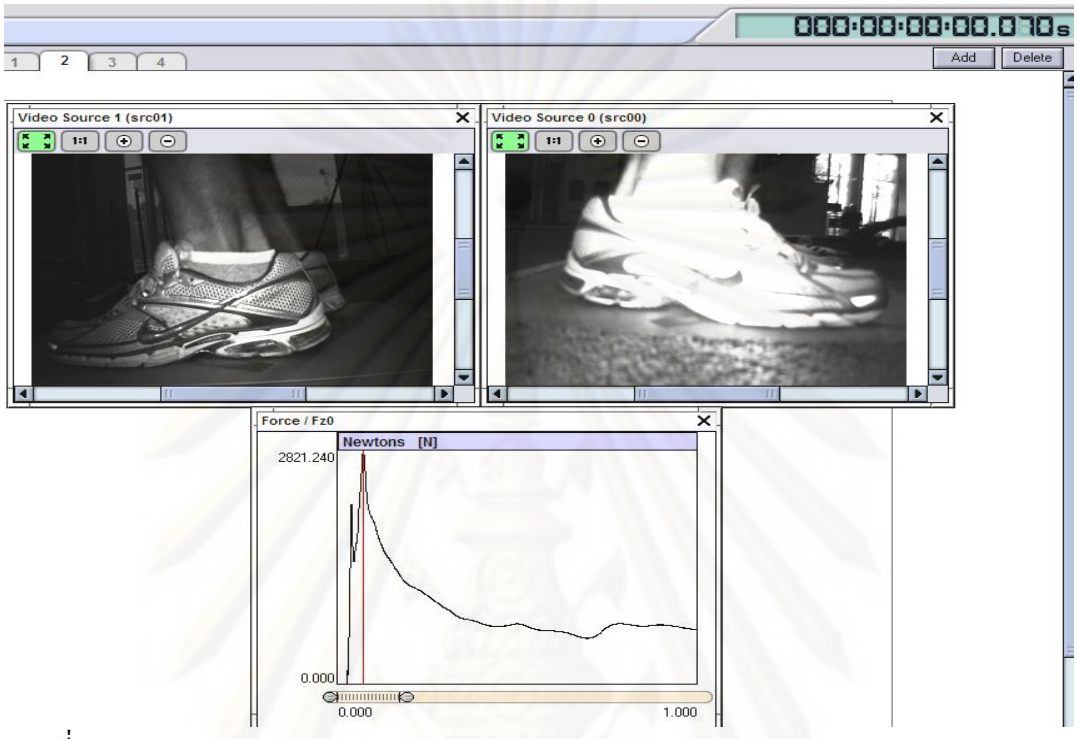


ภาพที่ 16 ภาพที่ 17

ภาพที่ 16 – 17 แสดงการทดสอบหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

ภาพที่ 18

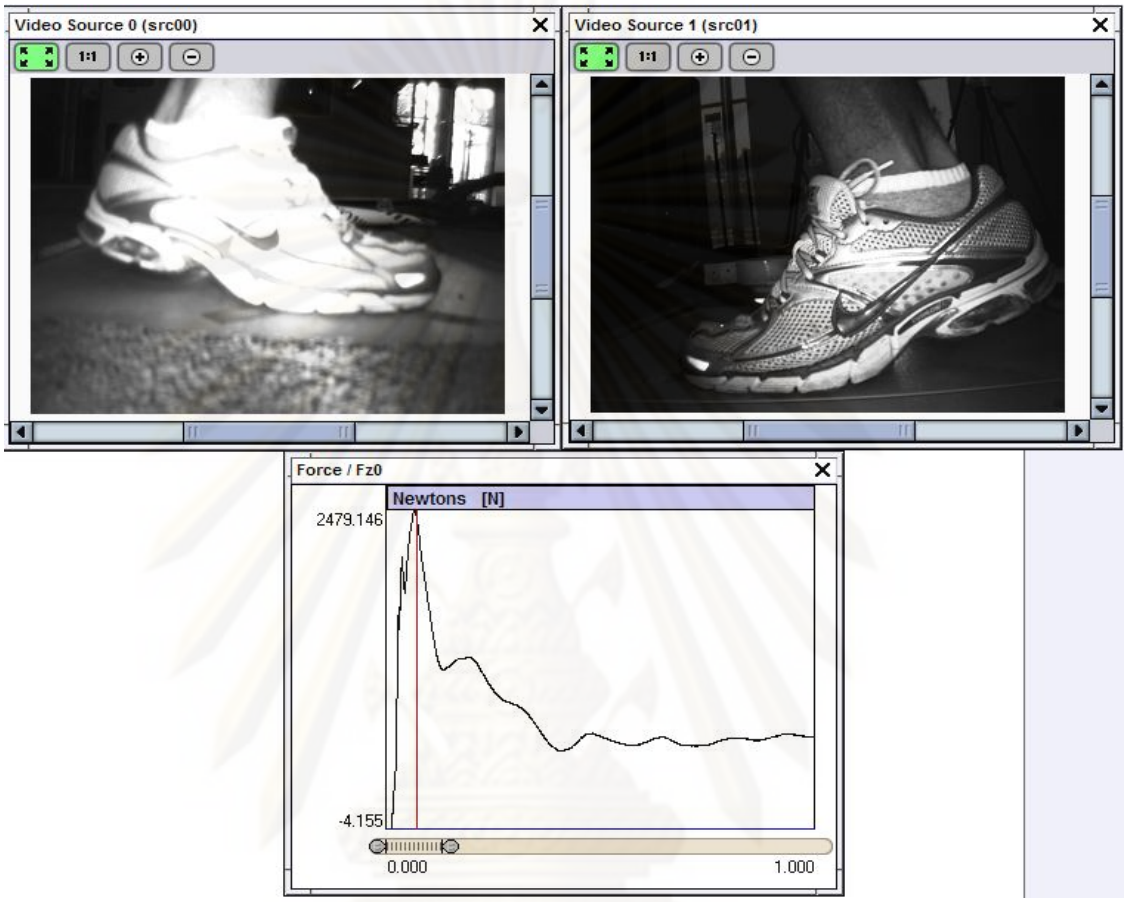
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 19

ภาพที่ 20

ภาพที่ 18-20 แสดงการลงสู่พื้นเมื่อมีการการลงน้ำหนักที่ส้นเท้า



ภาพที่ 21 แสดงการลงสู่พื้นโดยไม่มีการการลงน้ำหนักที่ส้นเท้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

1. การอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 10 นาที

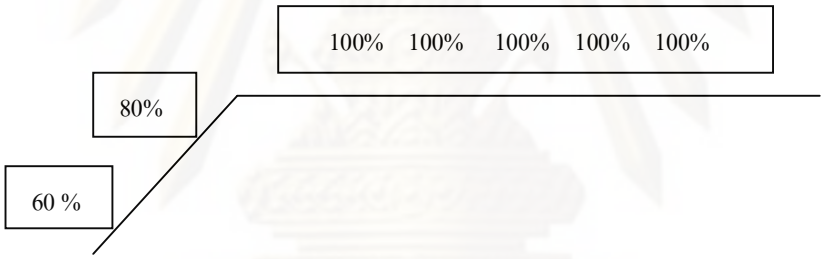
- เดิน วิ่งเยอะๆ วิ่งให้ก้าวยาวขึ้น และวิ่งเร็วสูงสุดรอบสนาม 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 5 นาที

2. ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ประมาณ 30 นาที

2.1 การวอร์มอัพ (Warm-up) ฝึก 1 เซ็ต (Set) โดยการใช้ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่ประมาณ 60 % ของความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึก โดยฝึกจำนวน 3 ครั้ง

2.2 วอร์มอัพอีก 1 เซ็ต โดยใช้ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ประมาณ 80% ของความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึกโดยฝึกจำนวน 3 ครั้ง

2.3 หลังจากนั้นให้คงที่ความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึก โดยฝึกจำนวน 5 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้ง



2.4 พักระหว่างเซ็ต 3 นาที ในช่วงที่ใช้ความสูงสูงสุด

3. การคูลดาวน์ (Cool-down) ใช้เวลาทั้งหมด 14 นาที

- การวิ่งเหยาะๆ (Jogging) 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 9 นาที

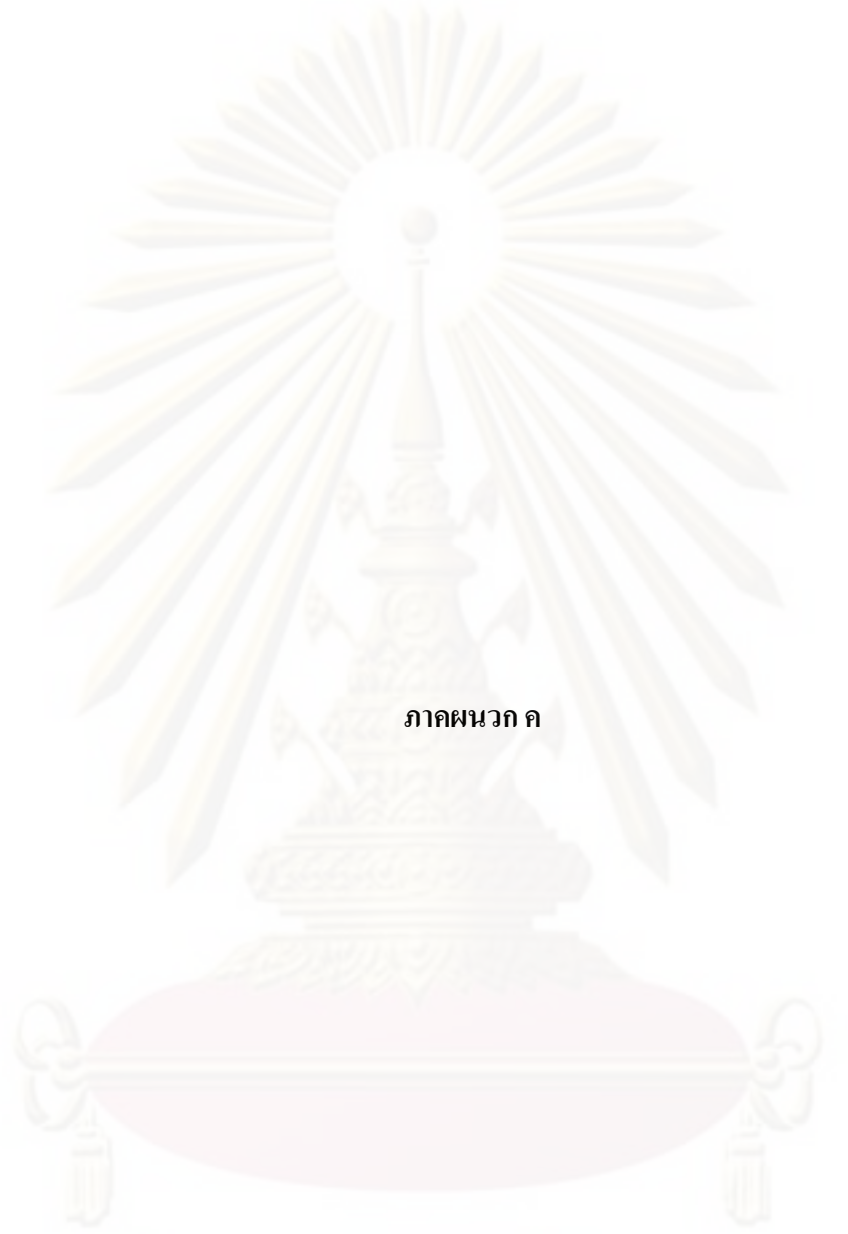
4. ฝึก 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน ในวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่ใช้ในการฝึก
กลุ่มที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

	สัปดาห์ที่ 1-3	สัปดาห์ที่ 4-6
	ความสูงที่ 60%/80%/100% (เซนติเมตร)	ความสูง ที่ 60%/80%/100% (เซนติเมตร)
	50/70/85	50/70/85
	55/75/95	65/85/105
	55/75/95	65/85/105
	65/85/105	75/100/125
	55/75/95	70/90/115
	40/50/65	55/75/95
	40/55/70	55/70/90
	70/90/115	70/90/115
	50/65/80	60/80/100
	50/70/85	55/75/95
ค่าเฉลี่ยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ 100 %	89	103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท่าฝึกเด็พธ์จัมพ์ (Depth jump)

ขั้นตอนการฝึก

1.ให้ยืนเตรียมพร้อมบนสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) โดยให้เท้าทั้งสองกว้างประมาณไหล่ ปลายเท้าชิดขอบสเต็ปบ็อกซ์

2.หย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ โดยไม่ให้ส้นเท้าแตะพื้น พร้อมกับการย่อเข่า เหวี่ยงแขนทั้งสองข้างไปด้านหลัง

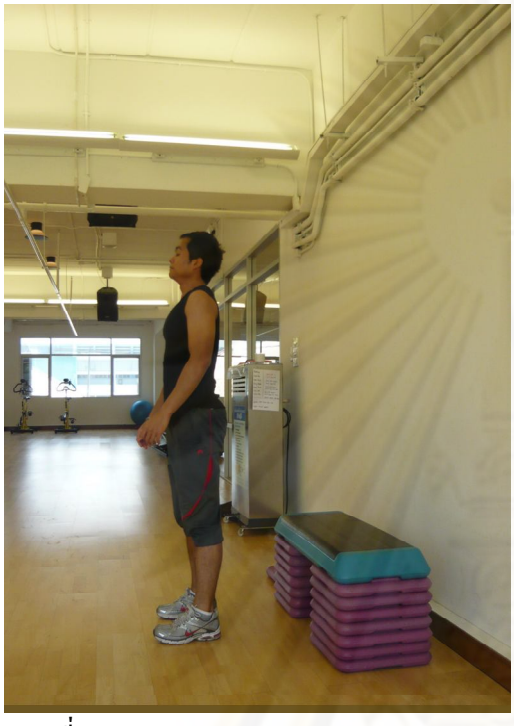
3.กระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ พร้อมกับเหวี่ยงแขนทั้งสองข้างขึ้นไปด้านบน

4.ลงสู่พื้นด้วยปลายเท้าก่อน และย่อตัวเพื่อรองรับแรงกระแทก

5.กลับสู่ท่าเริ่มต้นบนสเต็ปบ็อกซ์ ทำต่อเนื่องจนครบโปรแกรมการฝึก

ภาพที่ 22

ภาพที่ 23



ภาพที่ 25

ภาพที่ 24

ภาพที่ 22-25 แสดงการเด็พธ์จัมพ์

การหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ที่ใช้ในการฝึกเด็พธ์จัมพ์ (Lord and Campagna, 1997)

1. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ

2. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด และให้นักกีฬาเรียนรู้โดยลองทำท่าทดสอบ

3. เมื่อทดสอบจริงให้นักกีฬายืนอยู่บนสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ด้วยความสูงเริ่มต้นที่ 20 เซนติเมตร

4. ให้กลุ่มตัวอย่างกระโดด 5 ครั้ง แล้ววัดความสูง

5. จากนั้นให้เพิ่มความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ขึ้นไปทีละ 10 เซนติเมตร แล้วดูว่าความสูงระดับใดที่ทำให้กระโดดได้สูงที่สุด

โปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

1. การอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 10 นาที

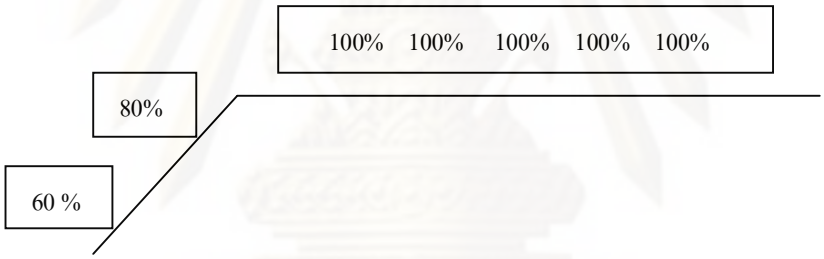
- เดิน วิ่งเยอะๆ วิ่งให้ก้าวยาวขึ้น และวิ่งเร็วสูงสุดรอบสนาม 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 5 นาที

2. ฝึกเด็พธ์จัมพ์ ประมาณ 30 นาที

2.1 การวอร์มอัพ (Warm-up) ฝึก 1 เซ็ต (Set) โดยการใช้ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่ประมาณ 60 % ของความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึก โดยฝึกจำนวน 3 ครั้ง

2.2 วอร์มอัพอีก 1 เซ็ต โดยใช้ความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ประมาณ 80% ของความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึกโดยฝึกจำนวน 3 ครั้ง

2.3 หลังจากนั้นให้คงที่ความสูงสูงสุดที่ใช้ฝึก โดยฝึกจำนวน 5 เซ็ตๆ ละ 6 ครั้ง



2.4 พักระหว่างเซ็ต 3 นาที ในช่วงที่ใช้ความสูงสูงสุด

3. การคูลดาวน์ (Cool-down) ใช้เวลาทั้งหมด 14 นาที

- การวิ่งเหยาะๆ (Jogging) 5 นาที
- ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 9 นาที

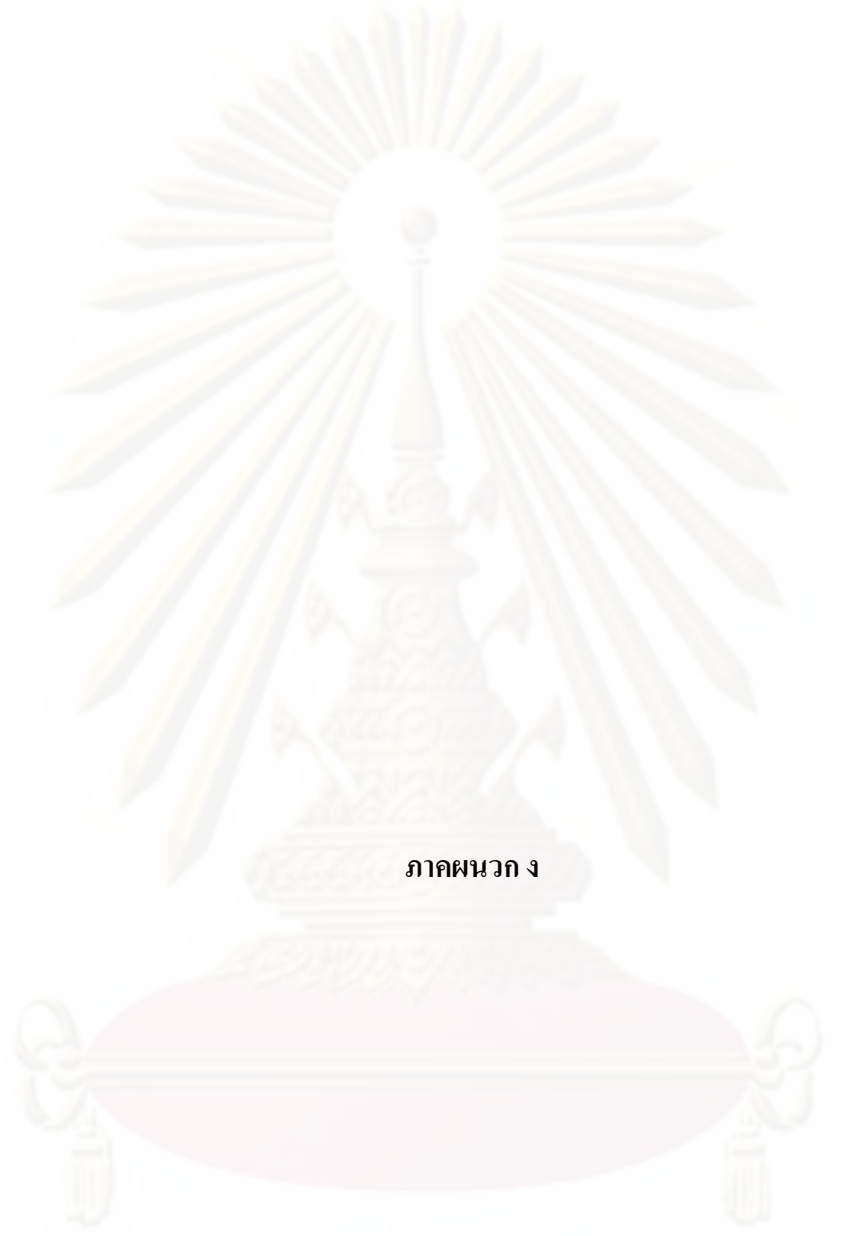
4. ฝึก 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน ในวันจันทร์ และวันพฤหัสบดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ที่ใช้ในการฝึก

กลุ่มที่ 2 ฝึกเด็พธ์จัมพ์

	สัปดาห์ที่ 1-3	สัปดาห์ที่ 4-6
	ความสูง ที่ 60%/80%/100% (เซนติเมตร)	ความสูง ที่ 60%/80%/100% (เซนติเมตร)
	25/35/45	35/45/55
	25/30/40	35/45/55
	40/55/70	40/55/70
	35/45/55	40/55/70
	40/50/65	55/75/95
	40/55/70	50/65/80
	35/50/60	30/40/50
	25/30/40	40/50/65
	40/50/65	40/50/65
	35/45/55	40/50/65
ค่าเฉลี่ยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ 100 %	56.5	67



ภาคผนวก ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

1. วิธีการวัดมุมเข่าและระยะห่างตำแหน่งต่างๆ

1.1 ติดตั้งเครื่องทดสอบความแข็งแรงสมิธ แมทชีน (Smith machine)

1.2 นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ

1.3 อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด

1.4 ทำการวัดมุมเข่า โดยให้นักกีฬามายืนในเครื่องสมิธ แมทชีน (Smith machine) แล้วแบกน้ำหนักย่อตัวลงจนเข่าทำมุม 135 องศา ด้วยการใช้เครื่องวัดมุม (Goniometer) ในการวัดมุม

1.5 ใช้เทปกาวสีติดที่สมิธ แมทชีน ในระดับแนวเดียวกับคานเหล็ก แล้วทำการวัดระยะห่างระหว่างปลายเท้าถึงแท่นเหล็กด้านหน้า ระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองข้าง และระยะห่างระหว่างเทปกาวถึงพื้น ทำการบันทึกค่าไว้เพื่อใช้ในการทดสอบครั้งต่อไป

2. วิธีการทดสอบ

2.1 เมื่อเริ่มทำการทดสอบให้ยกบาร์น้ำหนักขึ้นยืนตรง แล้วย่อตัวลงจนคานเหล็กถึงระดับเทปกาวที่ติดไว้ แล้วยืดตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2.2 หาน้ำหนักที่นักกีฬาสามารถทำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง (6 RM) แล้วนำมาคำนวณหาค่าหนึ่งอาร์เอ็ม (1RM)

การประเมินค่าหนึ่งอาร์เอ็ม (1RM) (Baechle, Earle and Wathen, 2000)

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

ภาพที่ 26

ภาพที่ 27

ภาพที่ 28

ภาพที่ 29

ภาพที่ 26-29 การวัดมุมเข่าและระยะห่างตำแหน่งต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 30

ภาพที่ 31

ภาพที่ 32

ภาพที่ 30-32 แสดงท่าการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

ภาคผนวก จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว (Acceleration ability)

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 ให้ออกวิ่งให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ จนเลยเซ็นเซอร์ตัวหยุดเวลาไป ให้นักกีฬาพัก 5 นาที โดยทำการทดสอบจนครบ 3 ครั้ง แล้วเอาค่าที่ดีที่สุด

ภาพที่ 33

ภาพที่ 34

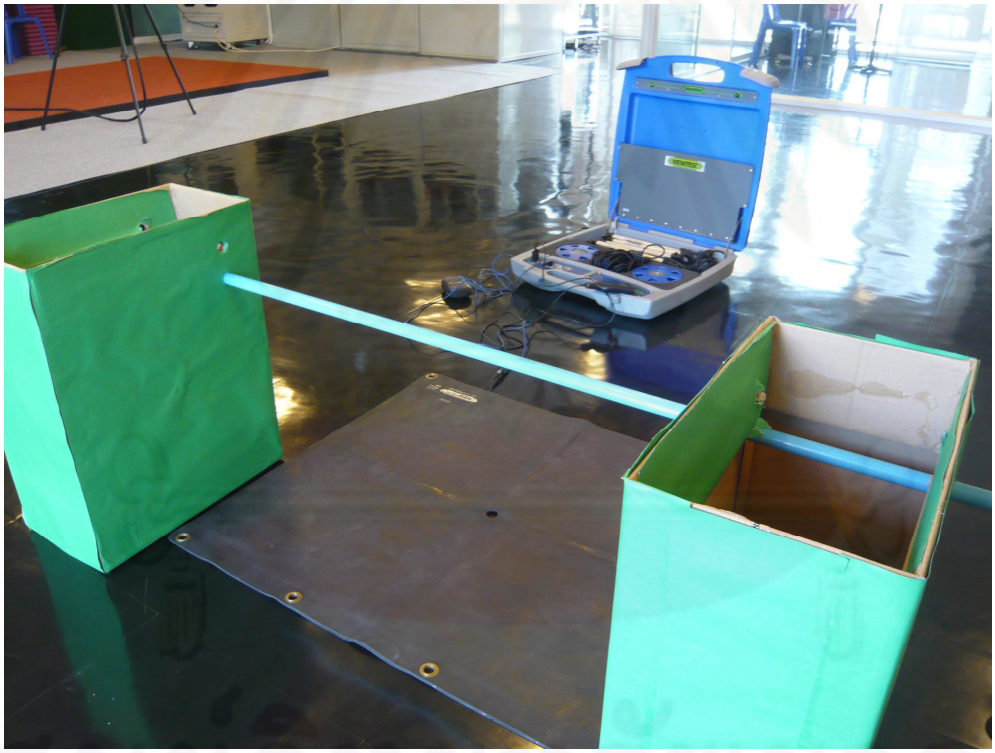
ภาพที่ 33-34 แสดงวิธีการทดสอบความสามารถในการเร่งความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

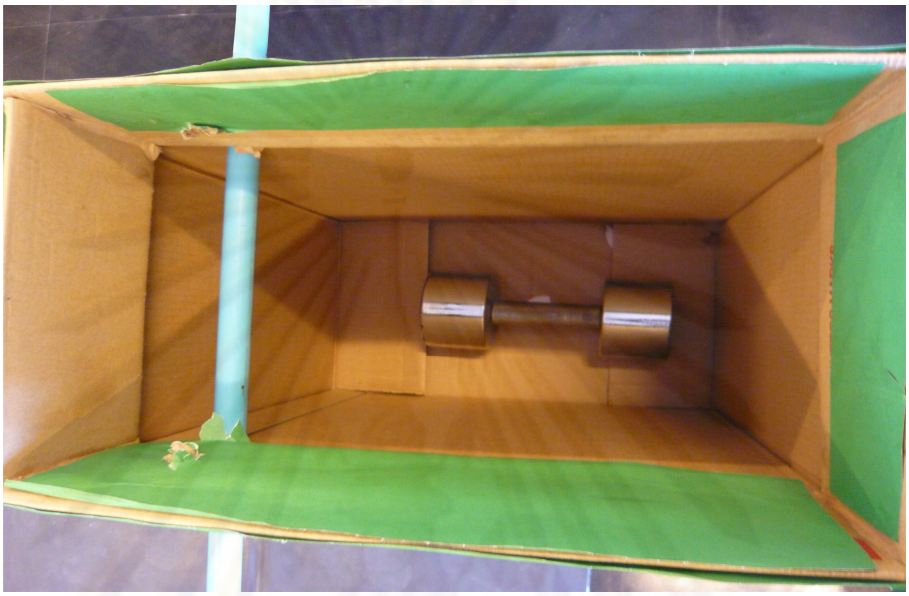
การทดสอบพลังกล้ามเนื้อขา โดยใช้ท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศาแล้วตามด้วยการกระโดดทันที (Counter movement jump)

อุปกรณ์

1. เครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW – 300 (Newtest powertimer SW-300)
2. กล้องความเร็วสูง (High speed cameras)
3. ชุดกล่องประกอบท่อ
    - 3.1 กล่อง 2 กล่อง
    - 3.2 ท่อ PVC
    - 3.3 ดัมเบลล์ (Dumbbell) 10 กิโลกรัม 2 ลูก



ภาพที่ 35 แสดงเครื่องวัดพลังกล้ามเนื้อ นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 และชุดกล่องประกอบท่อ



ภาพที่ 36 แสดงส่วนประกอบของชุดกล่องประกอบท่อ

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องวัดพลังกล้ามเนื้อ นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 โดยใช้แผ่นทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา และวางชุดกล่องประกอบท่อ

2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย และพร้อมทำการทดสอบ

3. อธิบายการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจ โดยละเอียด

4. ทำการติดมาร์กเกอร์ (Marker) 3 จุด

5. นักกีฬาเข้ามายืนบนแผ่นยาง ยืนตรงโดยแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ มือเท้าเอวไว้

6. ทำการวัดมุมเข่านักกีฬาด้วยเครื่องวัดมุม (Goniometer) โดยที่ให้เข่างอทำมุม 135 องศา พร้อมทั้งให้เข่าสัมผัสท่อ PVC

7. นักกีฬากลับมายืนตัวตรงเพื่อเตรียมพร้อมที่จะกระโดด โดยที่ไม่ให้ขาของนักกีฬาเลื่อนจากตำแหน่งเดิม

8. เมื่อนักกีฬาได้ยินเสียงสัญญาณจากตัวเครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 ให้นักกีฬาย่อตัวลงจนเข่าสัมผัสท่อ PVC แล้วออกแรงกระโดดให้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ใช้มือช่วยให้

เท้าเอวไว้ตลอดช่วงการทดสอบ ในขณะเดียวกันที่ได้ยินจากตัวเครื่อง ให้ผู้วิจัยเริ่มทำการบันทึกการเคลื่อนไหวด้วยกล้องความเร็วสูง

9. ขณะที่นักกีฬาลงสู่พื้นนั้นให้เท้าทั้งสองข้างลงสัมผัสกับแผ่นทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขาพร้อมกัน

10. รักษาสมดุลของร่างกายไม่ให้เสียการทรงตัว เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณอีกครั้งให้นักกีฬาเดินออกจากแผ่นยางเป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ

11. ผู้วิจัยทำการเช็คมุมของเข่าที่นักกีฬาย่อลงมากที่สุด โดยมุมของเข่าต้องอยู่ในช่วง 135±3 องศา ถ้ามุมอยู่ในช่วงแล้วให้พัก 5 นาที แล้วทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง เอาค่าทดสอบที่ดีที่สุด

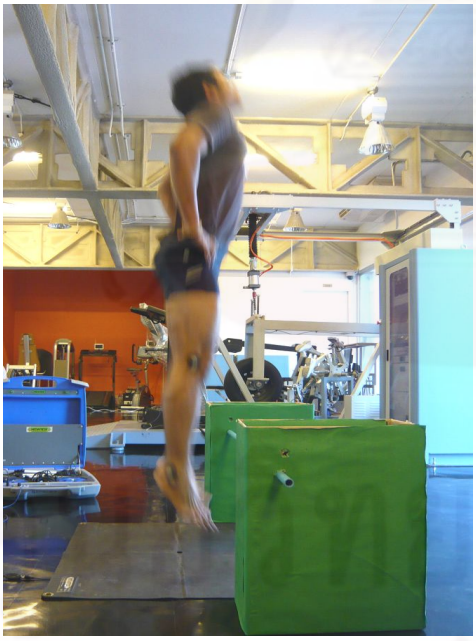
12. ถ้ามุมไม่อยู่ในช่วงให้นักกีฬาพัก 5 นาที แล้วทำการทดสอบใหม่จนครบ 2 ค่าแล้วเอาค่าที่ดีที่สุด

ภาพที่ 37

ภาพที่ 38

ภาพที่ 40

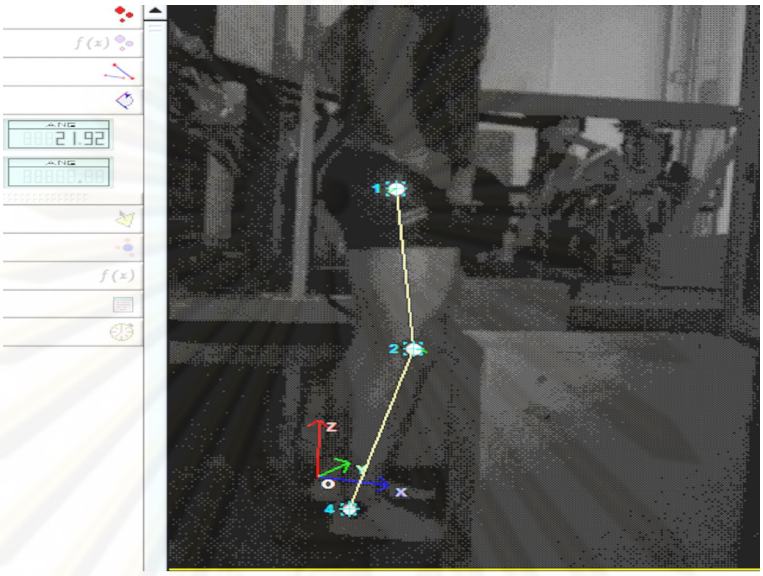
ภาพที่ 39



ภาพที่ 41

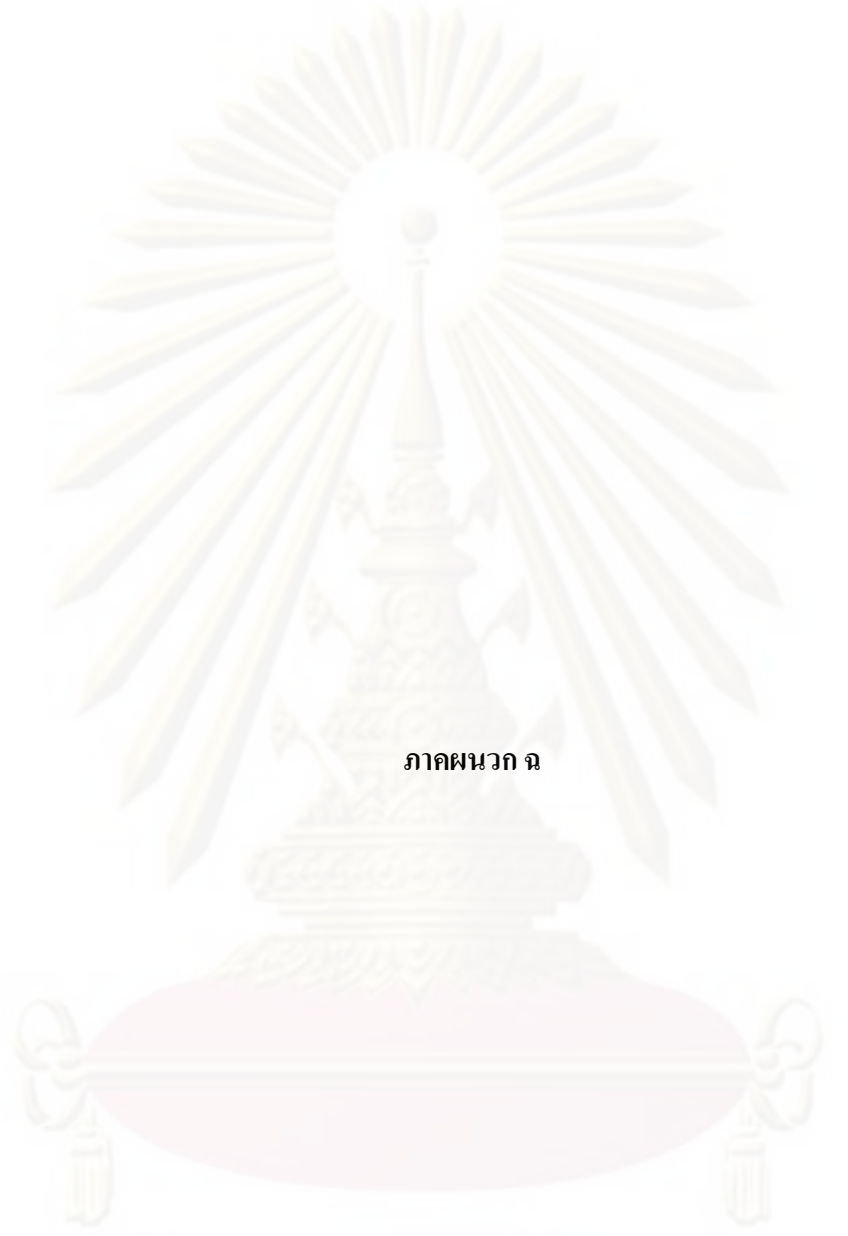
ภาพที่ 42

ภาพที่ 37-42 แสดงท่าการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา



ภาพที่ 43 แสดงมุมเข่าเมื่อเริ่มกระโดด โดยใช้กล้องความเร็วสูง

ภาพที่ 44 แสดงมุมเข่าเมื่อย่อลงมากที่สุด โดยใช้กล้องความเร็วสูง



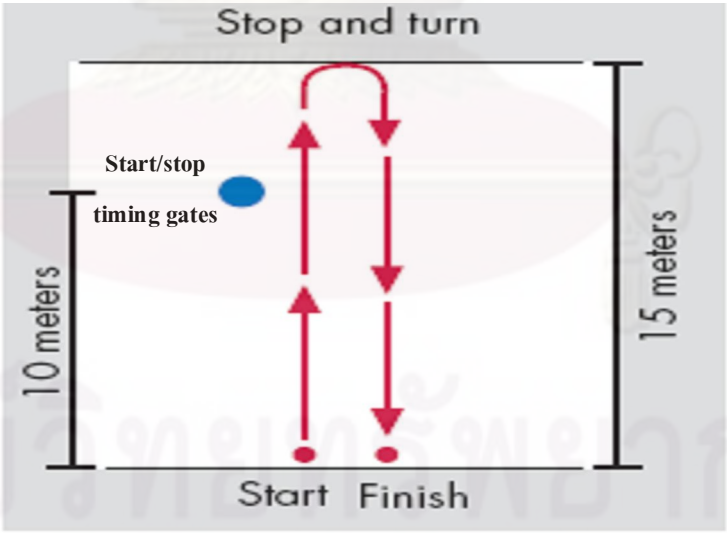
ภาคผนวก ฉ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา (505 agility test) โดยการกลับตัวทางด้านซ้ายและขวา

วิธีการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องจับเวลา นิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 (Newtest powertimer SW-300) โดยใช้เซ็นเซอร์ ณ ระยะทางที่ 10 เมตรจากจุดเริ่มต้น พร้อมกับวางกรวย ณ ระยะทางที่ 15 เมตรจากจุดเริ่มต้น
2. นักกีฬาเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
4. นักกีฬาเข้ามายืนเตรียมตัววิ่งที่จุดออกตัว
5. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากตัวเครื่อง ให้ออกวิ่งให้เร็วที่สุดจนไปถึงกรวยให้กลับตัวทางด้านซ้าย แล้วรีบวิ่งให้เร็วที่สุดกลับไปยังจนเริ่มต้น หลังจากนั้นให้นักกีฬาพัก 5 นาทีแล้วทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งจนครบ 3 ครั้ง โดยเอาค่าที่ดีที่สุด
6. ให้นักกีฬาพัก 10 นาที เพื่อที่จะทดสอบโดยการกลับตัวทางด้านขวาด้วยวิธีการเช่นเดียวกันกับการกลับตัวทางด้านซ้าย



ภาพที่ 45 แสดงการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา

ภาพที่ 46

ภาพที่ 47

ภาพที่ 46 -47 แสดงการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ด้วยการวิ่งแบบกลับตัว 180 องศา

ภาคผนวก ช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์เจริญ กระบวนรัตน์	ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ เกียรติพงษ์ รัชตเกรียงไกร	ผู้ฝึกสอนวอลเลย์บอลทีมชาติไทย
3. อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตกรุงเทพ และ ผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย
4. อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม	สถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยว และกีฬา
5. อาจารย์ นิพน แจ่มแจ้ง	ผู้ฝึกสอนวอลเลย์บอลทีมชาติไทย
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มานิต โกศลอินทรีย์	ผู้ฝึกสอนวอลเลย์บอลทีม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน
กทม. ๑๐๓๓๐

สิงหาคม ๒๕๕๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์

๒. โปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก, โปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์, โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, โปรแกรมการ Warm-up และ โปรแกรมการ Cool-down

ด้วย นายกัมปนาท ประดิษฐ์เสรี นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง “การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาภายใต้การควบคุมของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)
คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

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

ร่าง .....
พิมพ์.....
ตรวจ.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อที่ต้องการวัดว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	เห็นด้วย 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 3 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับท่ายกส้นเท้า (Heel raise)			
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึกประมาณ 85% ของ 1RM			
4. จำนวนครั้งต่อชุด จำนวน 6 ครั้ง			
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด			
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที			
7. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์ ,พฤหัสบดี)			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

……

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(……)

...../……../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก ที่ต้องการวัดว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	เห็นด้วย 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก 6 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ให้ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงจากสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) ซึ่งความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ที่ใช้จะเท่ากับความสูงที่ผู้รับการทดลองหย่อนตัวลงมาแล้วสามารถทรงตัวได้นิ่งบนเนินของปลายฝ่าเท้า (Balls of feet) โดยที่ส้นเท้าต้องไม่สัมผัสพื้น ซึ่งสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึกจะมีการทดสอบหาความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ใหม่อีกครั้ง			
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 6 ครั้ง			
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด			
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที			
6. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ (จันทร์, พฤหัสบดี)			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

……

……

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(……)

...../…… /2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่ต้องการวัดว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์

เนื้อหา	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ		
	เห็นด้วย 1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เห็นด้วย -1
1. ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเด็พธ์จัมพ์ 6 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ให้รับการทดลองกระโดดลงจากสเต็ปบ็อกซ์ (Step box) โดยความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ ที่แต่ละคนกระโดดลงมาแล้วกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งทันทีได้สูงที่สุด โดยสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึกมีการทดสอบความสูงของสเต็ปบ็อกซ์ใหม่อีกครั้ง			
3. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึก จำนวน 6 ครั้ง			
4. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 5 ชุด			
5. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 3 นาที			
6. ความถี่ของโปรแกรมการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์(จันทร์, พฤหัสบดี)			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

……

……

ลงชื่อ.....ผู้ทรงคุณวุฒิ

(……..)

...../…….. /2552

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 02-2181016
ที่ ศธ.0512.24/ **วันที่**
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์อุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษางานวิจัย

เรียน คณบดี (ผ่านหัวหน้าห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ)

ด้วย นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี นิสิตระดับมหาบัณฑิตศึกษา แขนงสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้รับอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์เรื่อง “ การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย” (A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้ การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

เพื่อให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี ในการนี้ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านให้ นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี ยืมเครื่องมือทดสอบ เครื่องนิวเทสต์ เพาเวอร์ไทมเมอร์ SW – 300 ในระหว่างวันที่ ๘ กันยายน –๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๒ ณ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้หากเครื่องมือเกิดการชำรุดเสียหาย นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี ยินดีขอรับผิดชอบค่าเสียหายที่เกิดขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)	(นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้วิจัย
วันที่ ...../...../.....	วันที่...../...../.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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. 114/2552

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 094.1/ 52 : การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย

ผู้วิจัยหลัก : นายกัมปนาท ประดิษฐ์เสรี 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 : 19 ตุลาคม 2552 **วันหมดอายุ** : 18 ตุลาคม 2553

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 094.1/52
วันที่รับรอง 19 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 18 ต.ค. 2553

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น แล้วส่งสำเนาใบแรกที่ใช้เอกสารดังกล่าวมาที่คณะกรรมการ***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-11) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 02906
วันที่ 6 พ.ย. 52 เวลา 10.07 น.

บันทึกข้อความ

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

ที่ จว 602 /52 **วันที่** 5 พฤศจิกายน 2552

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบรับรองผลการพิจารณา
2. ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3. ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ตามที่ นายกัมปนาท ประดิษฐ์เสรี นิสิตระดับมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอโครงการวิจัยที่ 094.1/52 เรื่อง การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเด็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย (A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS) เพื่อให้กรรมการผู้ทบทวนหลัก พิจารณาจริยธรรมการวิจัยความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

การนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลัก ได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้รับรองวันที่ 19 ตุลาคม 2552

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัย (เพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป)
เพื่อโปรด
- ☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
- ○ พิจารณา
- ○ ลงนาม
- ○ อนุมัติ

ลงชื่อ ..... 6 / พ.ย. / 2552

เรียน รองคณบดี
เพื่อพิจารณาสั่งการ
6 พ.ย. 52

เรียน ผู้อำนวยการ
6 พ.ย. 52

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ชื่อโครงการวิจัย "การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเล็พธ์จัมพ์ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย" (A COMPARISON BETWEEN ECCENTRIC POWER AND DEPTH JUMP TRAININGS ON LEG MUSCULAR FITNESS IN MALE VOLLEYBALL PLAYERS) ชื่อผู้วิจัย นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 1323 ตึกจำปี หอพักนิสิตชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์มือถือ 086-9520793 E-mail: KAMPANATSMART@HOTMAIL.COM

ข้าพเจ้า**ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ และยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมการฝึกซ้อม

ข้าพเจ้ามีสิทธิในการ **ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวตัวข้าพเจ้า

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 094.1/52
วันที่รับรอง 19 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 18 ต.ค. 2553

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	:	นาย กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี
เกิดวันที่	:	23 สิงหาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	:	ภูเก็ต
ที่อยู่ปัจจุบัน	:	92 ถ.กระบี่ ต. ตลาดเหนือ อ. เมือง จ. ภูเก็ต รหัสไปรษณีย์ 83000
ประวัติการศึกษา	:	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย