การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง

นายธงทอง ทรงสุภาพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A COMPARISON OF DIFFERENT ECCENTRIC BRAKING LOADS DURING WEIGHTED JUMP SQUAT ON THE ACUTE EFFECT OF MUSCULAR POWER IN HIGH RELATIVE STRENGTH MALE ATHLETES

Mr. Tongthong Songsupap

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง
โดย	นายธงทอง ทรงสุภาพ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

……กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(นายบุญศักดิ์ หล่อพิพัฒน์)

ธงทอง ทรงสุภาพ : การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง. (A COMPARISON OF DIFFERENT ECCENTRIC BRAKING LOADS DURING WEIGHTED JUMP SQUAT ON THE ACUTE EFFECT OF MUSCULAR POWER IN HIGH RELATIVE STRENGTH MALE ATHLETES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์, 136 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อ ในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี เพศชาย จำนวน 18 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยวิธีการจับสลาก กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่ใช้ก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์ จากนั้นจะได้รับเลือกสภาวะการทดลองจากการสุ่มอย่างง่าย และดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองหมุนเวียน แบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามสภาวะที่ได้รับเลือก จำนวน 6 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด แต่ละสภาวะการทดลองห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้จากการแบกน้ำหนักกระโดดครั้งที่ 2 - 6 ในชุดที่ได้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของทุกสภาวะการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี

ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ระหว่างระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ในช่วงการกระโดดขึ้นมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ในช่วงการลงสู่พื้น ระดับแรงเบรกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าที่ระดับ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ของระดับแรงเบรกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าที่ระดับ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัยได้ว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกแบกน้ำหนักกระโดด เพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 และ 90 เปอร์เซ็นต์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5378602439: MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: ECCENTRIC BRAKING / WEIGHTED JUMP SQUAT / HIGH RELATIVE STRENGTH / MUSCULAR POWER

TONGTHONG SONGSUPAP: A COMPARISON OF DIFFERENT ECCENTRIC BRAKING LOADS DURING WEIGHTED JUMP SQUAT ON THE ACUTE EFFECT OF MUSCULAR POWER IN HIGH RELATIVE STRENGTH MALE ATHLETES. ADVISOR: ASST. PROF. CHALERM CHAIWATCHARAPORN, Ph.D., 136 pp.

The purpose of this research was to compare the effect of different eccentric braking loads during weighted jump squat on the acute effect of muscular power in high relative strength male athletes. Eighteen male athletes (11 rugby football players and 7 sprinters) of ages between 18 to 22 years old from Chulalongkorn University were purposively sampled to be subjects in this study. All subjects participated in a counterbalanced design comprising four types of weighted jump squat performed in 2 sets of 6 repetitions at 30% of 1RM with varying levels of eccentric braking load, namely 0%, 30%, 60% and 90%. On the experimental day, peak power, relative peak power, peak force, relative peak force and peak velocity were measured during sessions by ballistic measurement system. The obtained data were analyzed in terms of means and standard deviations, one-way analysis of variance with repeated measure and multiple comparisons by the LSD were also employed. The statistical significance of this study was accepted at $p < .05$ level.

The results were as follow:

1. There were no significant differences in peak power and relative peak power during propulsive phase between different levels of eccentric braking load but there were significant differences during landing phase between 90% level comparing with 0%, 30% and 60% levels of eccentric braking load at the .05 significance level.

2. There were significant differences in peak velocity during propulsive phase between 0% level comparing with 30%, 60% and 90% levels of eccentric braking load at the .05 significance level.

In conclusion, the results demonstrated that eccentric braking loads at 30% and 60% levels are more optimal for weighted jump squat training to improve muscular power than eccentric braking loads at 0% and 90% levels.

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

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยสละเวลาให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และนายบุญศักดิ์ หล่อพิพัฒน์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อคิด และคำแนะนำต่างๆ ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรม วงศ์ประเสริฐ ที่ได้คอยให้ความรู้ ข้อชี้แนะ ข้อแนะนำต่างๆ ทั้งประโยชน์ทางด้านวิชาการ และการดำเนินชีวิต

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพี่วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์ ที่คอยให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่างๆ ที่ดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณ น้องๆ ทีมนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑา ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือ เข้าร่วมงานวิจัยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ในครั้งนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ และความปรารถนาดี รวมทั้งการสนับสนุนทางด้านการศึกษา และการดำเนินชีวิต ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาเป็นอย่างยิ่ง คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฐ
สารบัญแผนภูมิ		ฑ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	สมมติฐานการวิจัย	5
	ขอบเขตของการวิจัย	5
	คำจำกัดความของการวิจัย	6
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ	9
	ความหมายของพลังกล้ามเนื้อ	10
	ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ	12
	กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา	15
	แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ	18
	แนวความคิดเกี่ยวกับการหาความหนักที่ใช้ในการฝึก	23
	แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบประเพณีนิยม	25
	แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกพลัยโอเมตริก	29
	แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบบะลิสติก	36
	แนวความคิดเกี่ยวกับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นติก	41

บทที่		หน้า
	แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบเอ็คเซ็นติก	43
	วิธีการหาพลังกล้ามเนื้อในการแบกน้ำหนักกระโดด	46
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	48
3	วิธีการดำเนินวิจัย	49
	กลุ่มตัวอย่าง	49
	เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	49
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	50
	แบบแผนการวิจัย	51
	ขั้นตอนดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล	52
	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	53
	แผนขั้นตอนการวิจัย	54
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55
5	สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	86
	สรุปผลการวิจัย	86
	อภิปรายผล	88
	ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	90
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	91
รายการอ้างอิง		92
ภาคผนวก		98
	ภาคผนวก ก	99
	ภาคผนวก ข	101
	ภาคผนวก ค	103
	ภาคผนวก ง	105
	ภาคผนวก จ	107
	ภาคผนวก ฉ	110
	ภาคผนวก ช	113
	ภาคผนวก ซ	115
	ภาคผนวก ฌ	117
	ภาคผนวก ญ	120

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ฎ..... 123

ภาคผนวก ฏ..... 126

ภาคผนวก ฏ..... 128

ภาคผนวก ฑ..... 131

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แบบการทดลองที่ใช้ในการวิจัย.....	51
2	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป และค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง.....	56
3	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	57
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์…….....	59
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	60
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์…….....	61
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	62
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	63

ตารางที่ หน้า

9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 64

10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 66

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 68

12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์…..... 69

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 71

14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์เป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์... 72

15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 74

16 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 75

ตารางที่ หน้า

17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 77

18 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์เป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 78

19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 80

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-5	วิธีปฏิบัติท่าการแบกน้ำหนักกระโดด.....	111
6-9	วิธีการตั้งค่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก.....	114
10-12	ขั้นตอนก่อนการวัดค่าแรงความเร็วและพลังกล้ามเนื้อขณะแบกน้ำหนักกระโดด.....	116
13-19	เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย.....	118
20-24	ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และวิธีการสอบเทียบ.....	121
25-28	ที่มาและวิธีการหาค่าระดับแรงเบรกเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม.....	124
29-30	แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (1 อาร์เอ็ม).....	127
31-34	วิธีการดึงข้อมูลผลการทดลองจากซอฟต์แวร์.....	129

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์	64
2	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์	69
3	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์….....	72
4	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์...	75
5	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์….....	78
6	กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	81
7	กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	82
8	กราฟแสดงค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	83
9	กราฟแสดงค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์.....	84

แผนภูมิที่ หน้า

10 กราฟแสดงค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์..... 85

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนักกีฬาเกือบทุกประเภท จำเป็นที่จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อเพื่อชิงความได้เปรียบในสถานการณ์ และชัยชนะของการแข่งขัน จะเห็นได้จากการที่นักกีฬาในประเภทต่างๆ สามารถทำลายสถิติกันได้บ่อยครั้งในเกือบทุกรายการของการแข่งขัน ทั้งในระดับประเทศและระดับโลก เช่น กรีฑา ว่ายน้ำ ยกน้ำหนัก เป็นต้น ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดต่อความสำเร็จในการแข่งขันกีฬา (Manning, Dooly-Manning and Perrin, 1988) พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็ว แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ (Sharkey & Gaskill, 2006) ซึ่งนักกีฬาเกือบทุกประเภทจำเป็นที่จะต้องมีการฝึกพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขัน เช่น การเริ่มต้นเคลื่อนที่ การเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว การทุ่ม-พุ่ง-ขว้าง การกระโดดขึ้นจากพื้น การลงสู่พื้น และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (Bompa, 1993) โคมี่ และคณะ (Cormie et al., 2011) ได้รายงานถึงความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างพลังกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไว้ว่า นักกีฬาจะไม่สามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อระดับสูงได้ หากปราศจากความแข็งแรงสัมพัทธ์ที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับวิลสัน (Wilson, 1994) ที่กล่าวว่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระดับความสามารถในการแสดงพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬา ถึงแม้ว่านักกีฬาจะสามารถออกแรงได้เร็ว แต่หากแสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อออกมาได้น้อย ก็จะไม่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหลักสำคัญของการฝึกพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นักกีฬาจะต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดี เพื่อเตรียมระบบกล้ามเนื้อให้มีความพร้อมในการรับความหนักจากการฝึก ลดโอกาสของการเกิดอาการบาดเจ็บ (Ebben and Watts, 1998) และผู้ฝึกสอนจะต้องมีเทคนิคการฝึกที่ดี เพื่อจะช่วยส่งเสริมให้นักกีฬาของตนเองแสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาให้ได้สูงที่สุด และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การแข่งขันตามลักษณะการเคลื่อนไหวจริงของชนิดกีฬาได้

จากสมการ พลังกล้ามเนื้อ = แรงของกล้ามเนื้อ x ความเร็วในการออกแรง (Dugan et al., 2004)

พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak power) จึงขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะแสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อออกมาให้ได้มากที่สุดพร้อมกัน ซึ่งแบ่ง

ออกเป็นหลายปัจจัย ประกอบด้วย รูปแบบของการเคลื่อนไหว ความหนัก และความเร็วแบบเจาะจง (Cormie et al., 2011) นารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ได้แบ่งรูปแบบของการเคลื่อนไหวในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น (Propulsive phase) และช่วงการลงสู่พื้น (Landing phase) ซึ่งการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้นจะมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการออกแรงอย่างรวดเร็วสูงสุดขณะกระโดดขึ้นจากพื้น กล้ามเนื้อทำงานแบบหดตัวความยาวลดลง (Concentric contraction) ส่วนช่วงการลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบหดตัวความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) วิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1993) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมในการพัฒนาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของนักกีฬาด้วยวิธีการฝึก 3 รูปแบบ คือ การฝึกด้วยน้ำหนักแบบดั้งเดิม การฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด (Weighted jump Squat) โดยผลการศึกษาพบว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการแบกน้ำหนักกระโดดเป็นการฝึกที่ผสมผสานระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกพลัยโอเมตริกที่นักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของโคมี่ และคณะ (Cormie et al., 2011) ว่าการฝึกด้วยน้ำหนักแบบดั้งเดิม ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวแล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Squat) นั้น กล้ามเนื้อจะต้องทำการลดความเร่งในการเคลื่อนที่ช่วงสุดท้ายของระยะการเคลื่อนไหว เป็นผลทำให้แสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาได้ไม่เต็มที่ รวมทั้งการฝึกแบบพลัยโอเมตริกก็มุ่งเน้นที่จะพัฒนาพลังกล้ามเนื้อจากกลไกการยืดและหดสั้นอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อ (Stretch-shorten cycle) ที่มีความหนักจากน้ำหนักของร่างกายเท่านั้น

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงความหนัก และความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งโทมัส และคณะ (Thomas et al., 2007) ได้ศึกษาถึงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดด จากการกำหนดความหนักเป็นเปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ที่ระดับแตกต่างกัน และทำการกระโดดด้วยความเร็วสูงสุด โดยพบว่านักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในขณะการแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม เช่นเดียวกับหลายการศึกษาที่ผ่านมาว่าการใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ส่งผลให้นักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาได้สูงสุด (Kaneko et al, 1983; Moritani et al, 1987; Wilson et al, 1993) ในขณะเดียวกัน แมคไบรท์ และคณะ (Mcbride et al., 2002) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนักมาก (80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม) เปรียบเทียบกับใช้ความหนักน้อย (30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม) พบว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนักน้อยมีผลทำให้ความสามารถต่างๆ ของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าการใช้ความหนักมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่นักกีฬาสามารถออกแรงด้วย

ความเร็วที่มากกว่าส่งผลให้นักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อสูงสุดออกมาได้มากกว่าด้วย ดังนั้น การฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ จึงควรใช้ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในรูปแบบของการเคลื่อนไหวที่นักกีฬาสามารถออกแรงได้อย่างเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด (Kawamori et al., 2006)

ฮัมฟรีส์ และคณะ (Humphries et al., 1995) ได้ทำการศึกษาอุปกรณ์ที่จะช่วยควบคุมแรงหรือน้ำหนัก (Plyometric power system) ในช่วงการลงสู่พื้นเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ขณะการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นของการฝึกพลัยโอเมตริก ด้วยท่าแบกน้ำหนักกระโดดความหนักบาร์เบล 10 กิโลกรัม ในการช่วยลดแรงดล (Impulse) และค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) โดยไม่ลดความหนักขณะฝึกกล้ามเนื้อแบบหดตัวความยาวลดลง ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น คำนวณระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวรวมกับความหนักของบาร์เบลที่ใช้ ซึ่งพบว่าอุปกรณ์เบรกสามารถลดแรงดล และแรงปฏิกิริยา ขณะลงสู่พื้นได้ถึง 200 และ 155 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่ผลของค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก ขณะกระโดดขึ้นจากพื้นไม่แตกต่างกัน ในขณะที่นารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้และไม่ใช้แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ที่ความหนัก 30 เปอร์เซ็นของ 1 อาร์เอ็ม ด้วยเครื่องบะลิสติกเบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) โดยใช้ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 100 เปอร์เซ็นต์ คำนวณจากค่าความหนักที่ใช้ฝึกเพียงอย่างเดียว (ขณะอยู่นิ่ง) คูณกับค่าแรงโน้มถ่วงโลก พบว่าพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวช้า จะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้แรงเบรก และพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวเร็วจะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบไม่ใช้แรงเบรก จึงสรุปได้ว่าระดับค่าแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกในช่วงการลงสู่พื้นมีผลต่อการทำงาน และการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ

การคำนวณหาค่าพลังกล้ามเนื้อมีหลายวิธีแตกต่างกัน ดูเก้น และคณะ (Dugan et al., 2004) ได้เปรียบเทียบวิธีการคำนวณหาค่าพลังกล้ามเนื้อขณะแบกน้ำหนักกระโดดไว้ทั้งหมด 4 วิธี ดังนี้ 1) คำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบล (Barbell displacement) และน้ำหนักตัวรวมบาร์เบล 2) คำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบลและน้ำหนักบาร์เบล 3) คำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นและน้ำหนักตัวรวมบาร์เบล 4) การคำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบลและค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณค่าการกระจัดของบาร์เบลและค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นมีความน่าเชื่อถือและแม่นตรงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของไล และคณะ (Li et al., 2008) ที่เสนอแนะให้ใช้วิธีคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง และค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบล จะทำให้ได้ค่าพลังกล้ามเนื้อที่แม่นตรง ซึ่งวิธีการคำนวณดังกล่าวเป็นหลักการทำงานของเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ที่มีการวัดแรง

ปฏิกิริยาจากพื้น (Force plate) และวัดการกระจัดของบาร์เบล (linear position transducer) ดังนั้น การคำนวณหาค่าพลังกล้ามเนื้อด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม จึงเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับ และน่าเชื่อถือมากที่สุดในปัจจุบัน (Comstock et al., 2011)

จากข้อสรุปดังกล่าวนี้ ทำให้มีคำถามมากมายเกี่ยวกับผลที่แท้จริงของแรงเบรกแบบเอ็คเซนตริกที่ระดับต่างๆ ขณะแบกน้ำหนักกระโดด ว่าจะส่งผลต่อค่าแรง ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาในขณะฝึกต่างกันอย่างไร และจะนำไปประยุกต์ใช้กับการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาได้อย่างไร เพราะการฝึกในปัจจุบันหากนักกีฬามีความแข็งแรงต่ำ และต้องการฝึกพลังกล้ามเนื้อในท่าแบกน้ำหนักกระโดดจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บสูง จึงต้องใช้หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก (Apanukul and Intiraporn, 2009) หลักการฝึกเชิงซ้อนหรือการฝึกด้วยน้ำหนักแบบดั้งเดิมตามอัตราก้าวหน้า (Progressive training) ค่อยๆ เพิ่มระดับความหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และฝึกเสริมด้วยรูปแบบอื่นๆ เพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อควบคู่กันไป ซึ่งใช้เวลาในการฝึกระยะยาว (ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 2544) แต่หากรู้ถึงผลที่แท้จริงของการฝึกด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกแล้ว จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการฝึกให้กับนักกีฬาได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงผลของระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูงด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นของ 1 อาร์เอ็ม และทำการกระโดดด้วยความเร็วสูงสุด โดยใช้เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) และเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) ในการเก็บข้อมูล และควบคุมแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกด้วยวิธีของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) เพื่อประโยชน์ในด้านการพัฒนาความสามารถ การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬา และผู้ที่สนใจทำการศึกษาวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อรูปแบบใหม่ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง

สมมุติฐานของการวิจัย

การแบกน้ำหนักกระโดดด้วยระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน จะมีผลฉับพลันทำให้พลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูงแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี เพศชาย จำนวน 18 คน มีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ในท่าควอเตอร์สควอท

1. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.1 ตัวแปรต้น คือ ระดับของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ประกอบด้วย

- วิธีการคิดของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ที่ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 0 30 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

1.2 ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย

- นักกีฬา เฉพาะนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- เพศ เฉพาะเพศชาย
- อายุ เฉพาะผู้มีอายุระหว่าง 18 – 22 ปี
- ความแข็งแรง เฉพาะผู้ที่ยกน้ำหนักท่าควอเตอร์สควอท (Quarter squat) ได้ไม่ต่ำกว่า 2.0 เท่าของน้ำหนักตัว หรือมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0
- ไม่ใช้ยาหรือสารกระตุ้นต่างๆ ที่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

1.3 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น (Propulsive phase) และช่วงการลงสู่พื้น (Landing phase)

- พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak power) มีหน่วยเป็นวัตต์
- พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak power) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม
- แรงกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak force) มีหน่วยเป็นนิวตัน
- แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak force) มีหน่วยเป็นนิวตันต่อกิโลกรัม
- ความเร็วสูงสุด (Peak velocity) มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การแบกน้ำหนักกระโดด หมายถึง การใช้บาร์เบลแบกไว้บนบ่า แล้วย่อตัวลงต่อเนื่องกับการกระโดดขึ้นจากพื้นให้สูงสุดในแนวดิ่ง และลงสู่พื้น การวิจัยครั้งนี้ใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดกล้ามเนื้อขาในท่ายกน้ำหนักย่อตัวเข่าเป็นมุมประมาณ 135 องศา (1 RM Quarter squat)

แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก หมายถึง การลดค่าแรงระหว่างช่วงการลงสู่พื้น ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการหาแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

วิธีการคิดของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ หมายถึง การคำนวณค่าแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกจากความหนักที่ใช้ฝึก และค่าแรงโน้มถ่วงของโลก

ช่วงการลงสู่พื้น หมายถึง ช่วงจังหวะเท้าสัมผัสพื้นจนถึงการย่อเข่าต่ำสุด ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อจะเป็นการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) ในการวิจัยครั้งนี้ จะกำหนดจุดเริ่มต้นของช่วงการลงสู่พื้น เป็นตำแหน่งที่เริ่มมีค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้นมากกว่า 10 นิวตัน และกำหนดจุดสิ้นสุดของช่วงการลงสู่พื้น เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่มีค่าความเร็วเป็นค่าลบ

ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น หมายถึง ช่วงการพยายามออกแรงกระโดด ให้ตัวลอยจากพื้นสูงสุด ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อจะเป็นการหดตัวแบบความยาวลดลง (Concentric contraction) ในการวิจัยครั้งนี้ จะกำหนดจุดเริ่มต้นของช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น เป็นตำแหน่งที่เริ่มมีค่าความเร็วเป็นค่าบวก และกำหนดจุดสิ้นสุดของช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่มีค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้นมากกว่า 10 นิวตัน

พลังกล้ามเนื้อสูงสุด หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง ในการวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาถึงพลังกล้ามเนื้อขาขณะแบกน้ำหนักกระโดด 2 ช่วง คือ การกระโดดขึ้นจากพื้น และการลงสู่พื้น

พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูงหารด้วยน้ำหนักตัว ในการวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาถึงพลังกล้ามเนื้อขาขณะแบกน้ำหนักกระโดด 2 ช่วง คือ การกระโดดขึ้นจากพื้น และการลงสู่พื้น

แรงกล้ามเนื้อสูงสุด หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาถึงแรงกล้ามเนื้อขณะแบกน้ำหนักกระโดด 2 ช่วง คือ การกระโดดขึ้นจากพื้น และการลงสู่พื้น

แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อหนึ่งครั้งหารด้วยน้ำหนักตัว ในการวิจัยครั้งนี้ จะศึกษาถึงแรงกล้ามเนื้อขณะแบกน้ำหนักกระโดด 2 ช่วง คือ การกระโดดขึ้นจากพื้น และการลงสู่พื้น

ความเร็วสูงสุด หมายถึง ความเร็วในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ความเร็วในการแบกน้ำหนักกระโดดสองช่วง คือ การกระโดดขึ้นจากพื้น และการลงสู่พื้น

ความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดในการหดตัวของกล้ามเนื้อหนึ่งครั้งหารด้วยน้ำหนักตัว ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าการแบกน้ำหนักย่อตัวเข่าทำมุมประมาณ 135 องศา (Quarter squat) แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง ผลที่ได้ต้องไม่ต่ำกว่า 2.0

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงผลของระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง
2. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ทางการกีฬา การฟื้นฟูสมรรถภาพ และจัดโปรแกรม การฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อแก่นักกีฬาอย่างเหมาะสม
3. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า เทคนิคที่ใช้ในการช่วยฝึกซ้อมและพัฒนานักกีฬาต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่อง “การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง” ดังนั้นจึงได้รวบรวมเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศ และต่างประเทศไว้เป็นข้อมูลในการศึกษา ค้นคว้า วิจัย ซึ่งจะนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ
2. ความหมายของพลังกล้ามเนื้อ
3. ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ
4. กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา
5. แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ
6. แนวความคิดเกี่ยวกับการหาความหนักที่ใช้ในการฝึก
7. แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบประเพณีนิยม
8. แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกพลัยโอเมตริก
9. แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบบะลิสติก
10. แนวความคิดเกี่ยวกับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก
11. แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก
12. วิธีการหาพลังกล้ามเนื้อในการแบกน้ำหนักกระโดด

ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ

พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกายอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งแต่ละคนจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของตน และแต่ละคนจะมีขีดความสามารถไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการฝึกฝน และพันธุ์กรรมของแต่ละคนที่ได้รับมา รวมทั้งความจำเป็นที่จะต้องใช้ร่างกายมากน้อยในการดำเนินชีวิตประจำวัน สำหรับคนที่ได้รับโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อก็จะทำให้มีพลังกล้ามเนื้อที่ดีกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึก โดยพลังกล้ามเนื้อเป็นผลของความแข็งแรง และความเร็ว ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถบอกถึงความเปลี่ยนแปลงได้ค่อนข้างชัดเจนมากที่สุดด้านหนึ่ง พลังสูงสุดของกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการประสมประสานกันที่เหมาะสมของแรงสูงสุดที่แสดงออกมาด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ พลังอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ ถ้าองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรง และความเร็วเปลี่ยนแปลงไป และในทางตรงข้ามการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อจำเป็นที่จะต้องเพิ่มทั้งความแข็งแรงและความเร็ว คือเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพราะเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความแข็งแรง ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความเร็วในการหดตัวมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อจะต้องพัฒนาในส่วนของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วไปพร้อมกันด้วย

ในการแข่งขันกีฬานั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของตน เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการแข่งขัน ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬา บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ ดังนี้

1. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง (Landing / reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด นักกีฬาจำเป็นต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกาย ในขณะลงสู่พื้น และสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่ตามมานั้นได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตามพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้น จากความสูง 80 – 100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6 – 8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะที่ลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ามีการกระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อมัดนั้นก็จะหดตัวแบบความยาวลดลง (Concentric contraction) สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต (racket)

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิด ที่ต้องมีการทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take – off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิด ที่มีการกระโดดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้ประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งย่อตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลง และมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้น ๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีการต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้ รวมทั้งการเริ่มต้นวิ่งออกจากที่ ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่าก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทางต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะเกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆ ทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้ รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber)

ความหมายของพลังกล้ามเนื้อ

พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยสร้างขึ้นจากองค์ประกอบความแข็งแรงกับความเร็ว นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อที่

ดีนั้น ย่อมมีความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วได้ดังใจต้องการ ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินการแพ้ชนะในการแข่งขันกีฬา พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิดพลังงานระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแรงและได้ระยะทางในการออกแรงนั้น หรือเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อเป็นความแข็งแรงและความเร็ว เป็นการใช้แรงอย่างเต็มที่ในหนึ่งหน่วยเวลา

วิค และคณะ (Wilk and others, 1993) กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือ การเพิ่มศักยภาพของนักกีฬา โดยมีพื้นฐานอยู่ที่ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาสั้นที่สุด นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญ คือ ความแข็งแรง และความเร็ว ที่จะส่งผลให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อยังมีปัจจัยเสริมอีก 3 ประการ คือ การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม การประสานงานกันที่ดีระหว่างประสาทกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว และประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ

บลูมฟิลด์และคณะ (Bloomfield et.al, 1994) กล่าวว่าพลังกล้ามเนื้อเป็นผลของความแข็งแรงและความเร็ว เป็นการใช้แรงอย่างเต็มที่ภายในหนึ่งหน่วยเวลา พลังกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญต่อการแสดงความสามารถของทักษะกีฬาต่างๆ ซึ่งลักษณะพิเศษของพลังกล้ามเนื้อ มี 3 ประการ คือ พลังนั้นมาจากการหดตัวแบบความยาวกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) มาจากการใช้วงจรเหยียดสั้น (Stretch shortening cycle) และมาจากความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Elasticity)

นิวตันและเครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อที่แสดงออกสูงสุดอาจ เรียกว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive muscular power) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการแสดงความสามารถในกิจกรรมที่ต้องการการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด ในการปล่อยวัตถุ การกระโดดหรือการเร่งความเร็ว นอกจากนั้นยังใช้การเปลี่ยนทิศทางหรือการเร่งอย่างรวดเร็วในกีฬาชนิดต่างๆ เช่น ความสูงของการกระโดดขึ้นรับลูกบาสเกตบอล หรือการเร่งความเร็วและการวิ่งหลบหลีกผู้เล่นในกีฬารักบี้ฟุตบอล เป็นต้น

คำว่า พลัง เป็นการใช้แรงในหลายรูปแบบด้วยการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว สามารถแสดงออกมาเป็นงานที่ทำต่อหน่วยเวลา

$$\text{พลัง} = \frac{\text{งาน}}{\text{เวลา}}$$

$$\text{งาน} = \text{แรง} \times \text{ระยะทาง}$$

$$\text{พลัง} = \frac{\text{แรง} \times \text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}}$$

$$\text{พลัง} = \text{แรง} \times \text{ความเร็ว}$$

โอ'เช (O'Shea, 2000) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยสร้างขึ้นจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว ข้อได้เปรียบของการมีพลังกล้ามเนื้อก็คือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว นักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อสูงจะสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่งความเร็ว เป็นความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการแข่งขันกีฬาเมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางด้านความสามารถอื่นเท่ากันหมดแล้ว พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ชนะ พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่ก่อให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ

สมิดไบล์เซอร์ (Schmidtbleicher, 2000) ได้กล่าวว่า พลังเป็นความสามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) ที่จะสร้างให้เกิดแรงสูงสุดที่สามารถทำได้ในเวลาที่กำหนด ซึ่งเวลาจะขึ้นอยู่กับแรงต้านทานหรือน้ำหนัก กีฬาบางชนิดต้องกระทำต่อแรงต้านทานด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้เมื่อเริ่มต้นเคลื่อนไหว เช่น การทุ่มน้ำหนัก พุ่งแหลน การฝึกประสาทกล้ามเนื้อ โดยการทำให้กล้ามเนื้อทำงานพร้อมเพรียงกัน ก็จะสามารถสร้างความแข็งแรงได้ โดยที่ไม่ต้องฝึกระบบกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวแบบวงจรเหยียดสั้น โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งการหดตัวแบบความยาวของกล้ามเนื้อเหยียดออกและหดสั้น ซึ่งวงจรเหยียดสั้นมี 2 ประเภท คือวงจรเหยียดสั้นแบบยาว เช่น การกระโดดชู้ตลูกบาส การกระโดดบล็อคลูกวอลเลย์บอล โดยจะใช้มุมของสะโพกเข่าและข้อเท้าที่กว้างและใช้เวลามากกว่า 250 มิลลิวินาที ส่วนวงจรเหยียดแบบสั้น เช่น ระยะที่เท้าสัมผัสพื้นในการวิ่งเร็วหรือการเร่งความเร็ว การกระโดดสูงหรือกระโดดไกล โดยใช้มุมที่แคบกว่า ใช้เวลาอย่างน้อย 100-250 มิลลิวินาที

ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ

ในส่วนของระบบพลังงาน หรือแหล่งพลังงาน ได้มีผู้ให้แนวคิดเพื่อเป็นแนวทางในการจัดโปรแกรมการฝึกให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ พอสรุปได้ดังนี้

เฟล็ค และเครเมอร์ (Fleck and Kraemer, 1987) กล่าวว่า แหล่งพลังงานสุดท้ายที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ โมเลกุลของแอดดิโนซีน ไตรฟอสเฟส หรือ เอทีพี (Adenosine

triphosphate molecule or ATP) เมื่อเอทีพีแตกตัวออกเป็นแอดดิโนซีน ไดฟอสเฟส หรือ เอดีพี (Adenosine diphosphate or ADP) โมเลกุลฟอสเฟสอิสระ (Free phosphate molecule) และพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาใช้ในการทำให้มัยโอซิน ครอสบริดส์ (Myosin crossbridges) ดึงเส้นใยแอคติน (Actin filaments) ให้ประสานกับเส้นใยมัยโอซิน (Myosin filaments) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อแหล่งพลังงานนี้แบ่งออกเป็นสามชนิด คือ

1. แหล่งพลังงานเอทีพี – พีซี (ATP – PC energy source) เอทีพีและซีพีที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อและพร้อมที่จะให้พลังงานได้ในทันที ในส่วนที่เป็นเอทีพี เมื่อแตกตัวเป็นเอดีพีโมเลกุลฟอสเฟสอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมาใช้ในการทำงานกล้ามเนื้อได้ทันที ส่วนที่เป็นฟอสโพคีเอทีน หรือซีพี (Phosphocreatine or PC) นั้น เมื่อแตกตัวเป็นครีเอทีน (Creatine) โมเลกุลฟอสเฟสอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมา แต่ยังไม่สามารถใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อได้ต้องมีการรวมตัวกับเอดีพี และโมเลกุลฟอสเฟตอิสระกลับไปเป็นเอทีพีก่อน แล้วเอทีพีจะแตกตัวเป็นเอดีพีโมเลกุลฟอสเฟสอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมาใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อต่อไป

เอทีพี และพีซี ที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ ไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงานออกมา จึงเรียกว่าเป็นแหล่งพลังงานแอนแอโรบิก (Anaerobic source of energy) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของเอทีพีและพีซีที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อนั้น มีปริมาณที่จำกัด ดังนั้นปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้จึงมีความจำกัดไปด้วย สามารถให้พลังงานได้ในเวลา 30 วินาทีหรือน้อยกว่า แต่มีสิ่งที่เป็นข้อได้เปรียบจากแหล่งพลังงานนี้คือ สามารถนำพลังงานมาใช้ได้ในทันที และพลังงานนั้นเกิดขึ้นในปริมาณที่มากและในเวลาที่รวดเร็ว ดังนั้นแหล่งพลังงานนี้จึงใช้ในรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาต่าง ๆ ในการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานเอทีพี – พีซีนั้น จะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็ว หรือออกแรงอย่างมากในเวลาสั้น เอทีพี - พีซีก็จะหมดไป เมื่อมีการหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี – พีซีไว้ในกล้ามเนื้ออีก ตามระยะเวลา ดังนี้

20 วินาที จะสะสมเอทีพี – พีซี ได้ 50%

40 วินาที จะสะสมเอทีพี – พีซี ได้ 75%

60 วินาที จะสะสมเอทีพี – พีซี ได้ 87%

3 – 4 นาที จะสะสมเอทีพี – พีซี ได้ 100%

2. แหล่งพลังงานกรดแลคติก (Latic acid energy source) คาร์โบไฮเดรทจะถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อในรูปของกลัยโคเจน (Glycogen) กลัยโคเจนประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำตาลที่เรียกว่ากลูโคส (Glucose) เมื่อโมเลกุลกูลโคสแบ่งตัวออกเป็น 2 ส่วน ทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่าไพรูเวท (Pyruvate) และพลังงานที่ปล่อยออกมา พลังงานที่ปล่อยออกมาจากโมเลกุลของกลูโคสแต่

ละโมเลกุลจะได้สองเอทีพี ส่วนไพรูเวทจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก กระบวนการนี้ไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงานออกมา และเรียกกระบวนการทั้งหมดนี้ว่า แอนแอโรบิกกลัยโคลัยซิส (Anaerobic glycolysis)

กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแอนแอโรบิกกลัยโคลัยซิสนี้ จะถูกสะสมไว้ในเลือดและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลข้างเคียงตามมาก็คือ ถ้ากรดแลคติกเกิดขึ้นมาก ก็จะมีผลต่อจุดเชื่อมระหว่างเส้นประสาทกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการปวดคล้ายถูกเข็มแทง ในขณะเดียวกันภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งเป็นการรบกวนกระบวนการทางเคมีภายในเซลล์ รวมทั้งกระบวนการการผลิตเอทีพีอีกด้วย ดังนั้นปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้จึงมีความจำกัดอันเนื่องมาจากผลข้างเคียงของกรดแลคติกดังกล่าว

อย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานกรดแลคติกนี้ มีปริมาณมากกว่าที่ได้จากแหล่งพลังงานเอทีพี – พีซี แต่ก็ไม่สามารถให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อในปริมาณที่มากและในเวลาที่รวดเร็วเหมือนกับแหล่งพลังงานเอทีพี – พีซี ดังนั้น แหล่งพลังงานกรดแลคติก จึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาที่ใช้เวลาประมาณ 1 – 3 นาที

3. แหล่งพลังงานออกซิเจน (Oxygen energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการผลิตเอทีพี มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหล่งพลังงานแอโรบิก (Aerobic energy source) แหล่งพลังงานนี้เกิดจากการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทและไขมัน โดยปกติในขณะพักนั้น ปริมาณ เอทีพีทั้งหมดที่ร่างกายต้องการจะได้รับจากการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันประมาณหนึ่งในสาม และได้รับจากการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทประมาณสองในสาม เมื่อมีการออกกำลังกายจะมีการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่มีการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันลดลงเรื่อยๆ เช่นกัน

การเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท โดยใช้ออกซิเจนนี้เริ่มต้นเหมือนกับกระบวนการแอนแอโรบิกกลัยโคลัยซิส แต่เนื่องจากมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ สารประกอบไพรูเวทที่เกิดขึ้นจึงไม่เปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก แต่จะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า วงจรเคร็บ (Kreb's cycle) และการขนส่งอิเล็คตรอน (Electron transport) ในขั้นสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) น้ำและเอทีพี ซึ่งกลัยโคเจนหนึ่งโมเลกุลจะได้ 39 เอทีพี ส่วนการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันจะแตกต่างออกไป โดยจะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า เบตา ออกซิเดชัน (Beta oxidation) และเข้าสู่วงจรเคร็บโดยตรง ในขั้นสุดท้ายจะได้ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและเอทีพี เช่นเดียวกัน

ปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายได้รับและปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปจะใช้

เป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอีกสองชนิดแล้ว แหล่งพลังงานออกซิเจนจะให้พลังงานต่อหน่วยเวลาได้น้อยที่สุด ดังนั้นแหล่งพลังงานออกซิเจนจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาที่ใช้ระยะเวลานาน ที่มีความหนักในระดับต่ำ และปริมาณที่ไม่จำกัดตราบเท่าที่ยังมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท และอาหารประเภทไขมัน

ซึ่งรูปแบบของพลังงานกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการวิจัยนี้ เป็นการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างแรงและรวดเร็ว ทั้งในลักษณะเป็นพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องอาศัยพลังงานจากแหล่งพลังงานเอทีพี - พีซี เป็นหลัก ดังนั้นระยะเวลาพักระหว่างชุด จึงไม่ต่ำกว่า 2 นาที หรือเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002) เพื่อให้นักกีฬาสะสมพลังงานเอทีพี – พีซี ก่อนทำการทดลองชุดต่อไป

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา

ไวเนค (Weineck, 1990) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนที่บริเวณข้อต่อต่างๆ ของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับ ดังนี้

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย
- กล้ามเนื้อกลูเตียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อแอดดัคเตอร์ แมกนัส (Adductor magnus)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- กล้ามเนื้อกลูเตียสมีเดียส (Gluteus medius)
- กล้ามเนื้อควอดราตัส ฟีมอรีส (Quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ประกอบด้วย
- กล้ามเนื้อควอไดรเซ็พส์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris)
- กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris)
- กล้ามเนื้อเทนเซอร์ ฟาสเซีย ลาตี (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ประกอบด้วย
- กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hallucis longus)

- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ ดิจิตอรัม ลองกัส (Flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทิเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส เบรวิส (Peroneus brevis)

ไวเนค ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อกลูเตียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลัก คือ การเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด ในกลุ่มกล้ามเนื้อ เหยียดเข่า มีกล้ามเนื้อควอไดรเซ็พส์ ฟีมอรีส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุดและแข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลัก คือ การเหยียดเข่า ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียลิส (Vastus medialis) กล้ามเนื้อวาสตัส แลทเทอราลิส(Vastus lateralis) และกล้ามเนื้อวาสตัส อินเตอร์มีเดียส (Vastus intermedius) โดยที่กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่งอสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่งและในขณะกระโดด

จากข้อสรุปของไวเนค จะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่ง (Vertical jump) นั้น จะต้องพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหล่านี้จะต้องใช้ความหนักในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานได้

เฮดริค และ แอนเดอร์สัน (Hedrick and Anderson, 1996) ได้สรุปวรรณคดีและกรณีศึกษาที่เกี่ยวกับการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่ง (Vertical jump) ว่า ได้มีการใช้การกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมการฝึก โดยทั่วไปใช้วัดการพัฒนาความสามารถในการกระโดด ได้แก่ นักกีฬาบาสเกตบอล ซึ่งจำเป็นต้องมีความสามารถในการกระโดดเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขัน นอกจากนั้นยังใช้ในการวัดพลังกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาที่ต้องการพลังกล้ามเนื้อขาในระดับสูง ได้แก่ นักกีฬาฟุตบอล

พลังกล้ามเนื้อขาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น มาจากกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก 40% กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า 24.2% และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า35.8% ดังนั้นจึงใช้เป็นแนวทางในการเลือกท่าฝึกที่เหมาะสม ท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก และกลุ่ม

กล้ามเนื้อเหยียดเข่า ได้แก่ ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว ส่วนท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ได้แก่ท่าคลีน (Clean)

เมื่อใดก็ตามที่จะใช้การฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะเฉพาะ ได้แก่ การกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง ท่าฝึกที่นำมาใช้นั้นจะต้องเลียนแบบมุมของข้อต่อ และท่าทางของการเคลื่อนที่นั้นๆ ด้วย อย่างไรก็ตามการใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว เป็นท่าฝึกหลักในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาตลอดโปรแกรมการฝึกนั้น อาจจะได้ผลดีน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เนื่องมากจากความซ้ำซากจำเจในหลาย ๆ สัปดาห์หรือหลาย ๆ เดือน นอกจากนั้นอาจเป็นผลให้เกิดภาวะซ้อมเกิน (Overtraining) ได้

อัมเบอร์เกอร์ (Umberger, 1998) ได้สรุปกายวิภาคของขาที่แสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงสองประการ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ คือ

1. กล้ามเนื้อของขาหลายมัดที่ทอดข้ามข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อต่อ ซึ่งมีกล้ามเนื้อที่สำคัญ ได้แก่ เรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) แกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) แฮมสตริงส์ (Hamstrings) ซึ่งประกอบไปด้วย เซมิเมมเบรโนซัส (Semimembranosus) เซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus) และไบเซพส์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)

2. น้ำหนักส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ใกล้กับลำตัว ซึ่งก็คือสะโพก น้ำหนักส่วนน้อยของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัว ซึ่งก็คือเข่ากับข้อเท้า ดังนั้นในการทำงานของขา จึงมีการถ่ายโยงพลังจากกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณสะโพกไปยังกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณเข่าและข้อเท้า เพื่อเป็นการชดเชยลักษณะทางกายวิภาคที่ถูกกำหนดขึ้นมาตามธรรมชาติให้กล้ามเนื้อบริเวณข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวนั้นมีน้ำหนักน้อย

ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อขามัดต่างๆ จะทำงานต่อเนื่องกันเริ่มจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่าและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้าตามลำดับจนกว่าเท้าจะพ้นพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวลดลง โดยที่ก่อนการกระโดดนั้น จะมีการเตรียมตัวด้วยการย่อตัวลงอย่างรวดเร็ว

กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ทอดข้ามข้อสะโพกและเข่าทางด้านหน้า มีหน้าที่งอสะโพกและเหยียดเข่า

กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ ทอดข้ามข้อสะโพกและเข่าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดสะโพกและงอเข่า

กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส ทอดข้ามเข่าและข้อเท้าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดข้อเท้าในขณะที่เริ่มต้นออกแรงเพื่อที่จะกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส จะออกแรง

เพื่อเหยียดเข่า แต่เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อ จึงมีการออกแรงเพื่องอสะโพกในเวลาเดียวกัน ส่วนกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์จะออกแรงเพื่อเหยียดสะโพก ก็จะมีการออกแรงเพื่องอเข่าในเวลาเดียวกัน การทำงานเช่นนี้เป็นไปในลักษณะที่ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีความยาวลดลง ดังนั้นกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์จะทำงานด้วยความเร็วต่ำ จึงเกิดแรงมาก และสามารถถ่ายโยงไปยังเข่าได้ ส่วนกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อเช่นเดียวกัน ก็จะมีการถ่ายโยงแรงไปยังข้อเท้าด้วย จากการวิเคราะห์ตามหลักชีวกลศาสตร์ พบว่าในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดเข่านั้นได้รับการถ่ายโยงมาจากข้อสะโพก โดยผ่านกล้ามเนื้อเรคตัสฟีมอรีส เป็นปริมาณ 21 % และในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดข้อเท้านั้น ได้รับการถ่ายโยงมาจากเข่าโดยผ่านกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นปริมาณ 25 %

นอกจากนั้น อัมเบอร์เกอร์ ได้เสนอแนะว่า การที่จะวัดพลังกล้ามเนื้อที่ข้อต่อแต่ละข้อนั้นคงจะไม่ถูกต้องถ้าใช้การวัดโดยให้ข้อต่อแต่ละข้อทำงานเป็นอิสระต่อกัน และให้แนวคิดที่น่าเชื่อถือว่า วิธีการฝึกที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องเลียนแบบหรือเหมือนกับกิจกรรมที่จะกระทำจริง ๆ ซึ่งถ้าจะพัฒนาความสามารถในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่ง ก็จะต้องใช้ท่าฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อขามัดต่างๆ ทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ได้แก่ ท่าเพาเวอร์คลีน ท่าเพาเวอร์สแนทซ์ ท่าแฮงค์คลีน (Hang clean) หรือ พลัยโอเมตริก

แนวความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ

บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปผลการศึกษาของ เฮคคิเนน และโคมิ (Hakkinen and Komi, 1983) พบว่า การพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการฝึกนั้น มีพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นด้วยเหตุผล ดังต่อไปนี้

1. ใช้เวลาน้อยลงในการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว
2. เซลล์ประสาทยนต์ (Motor neurons) มีความอดทนเพิ่มขึ้น ในการเพิ่มความถี่ของการปล่อยกระแสประสาท
3. มีความสอดคล้องกันมากขึ้น และดีขึ้นของหน่วยยนต์ (Motor units) กับรูปแบบของการปล่อยกระแสประสาท
4. กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นในเวลาสั้น

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

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

ดังนั้นการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขันกีฬานั้น โปรแกรมการฝึกจะต้องมีความเฉพาะเจาะจงกับกีฬาแต่ละชนิด โดยใช้ท่าฝึกที่ใกล้เคียงกับทักษะกีฬานั้นๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ กล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกในท่าทางที่ใกล้เคียงกับทักษะกีฬามากเท่าใดก็จะเกิดประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น

นิวตัน และ เครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อหมายถึง พลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวที่ต้องการความเร็วสูง ในขณะที่ปล่อยอุปกรณ์กีฬาออกไปหรือต้องการความเร็วสูงที่จุดกระทบ นอกจากนั้นยังมีผลต่อการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเร่งความเร็วในระหว่างการแข่งขันกีฬาชนิดต่างๆ ด้วย ในขณะที่นักกีฬาพยายามที่จะออกแรงเพื่อทำให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อให้มากที่สุดนั้น นักกีฬาจะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรงและเร่งความเร็วของส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยใช้เวลาน้อยลง ทั้งนี้เกิดจากมีการพัฒนากลไกการทำงานของกล้ามเนื้อที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากภายในเวลาสั้น ซึ่งเรียกว่าอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

2. ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

ซึ่งคุณสมบัติอันสำคัญทั้ง 2 ประการนี้เอง เป็นแนวทางในการหายุทธวิธีของการฝึก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้เสนอแนะว่า การพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ คือ

1. ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (Slow velocity strength)
2. ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (High velocity strength)

3. อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

4. วงจรเหยียดตัวออก – หดตัวสั้นลง (Stretch – shortening cycle)

5. การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงาน และทักษะของการเคลื่อนไหว (Intermuscular coordination & skill)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป จึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้น ยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีการฝึกแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน ไม่ใช่การฝึกด้วยน้ำหนักหรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

วิลสัน (Wilson, 1994) กล่าวว่า เนื่องจากในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลงนั้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะพัฒนาคุณสมบัติทั้ง 2 ประการนี้ให้เพิ่มมากที่สุดในเวลาเดียวกันได้ การพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นผลจากความแข็งแรงกล้ามเนื้อกับความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อนี้ จึงมี 3 วิธี ดังนี้

1. ให้กล้ามเนื้อออกแรงมากด้วยความเร็วต่ำ โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูง

2. ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วสูง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน

3. ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วปานกลาง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก โดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไปด้วยความหนัก 30 – 45 % ของความแข็งแรงสูงสุด

เยสซิส (Yessis, 1994) กล่าวว่า ในกีฬาที่ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อนั้น มีการเคลื่อนไหวในลักษณะแรงระเบิด ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหวสามส่วนด้วยกัน คือ ความเฉื่อย (Inertia) โมเมนตัม (Momentum) และความเร่ง (Acceleration) โดยเมื่อมีการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นแรงระเบิดจะเริ่มต้นออกแรงเอาชนะความเฉื่อยก่อน และการออกแรงนั้นจะไม่คงที่ เพื่อให้เกิดโมเมนตัม และความเร่งตามมา ซึ่งเป็นการทำงานในระดับสูงของระบบประสาทที่จะต้องปล่อยกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อที่ออกแรงนั้น ในเวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ อีกทั้งยังต้องการข้อต่อที่ใช้ในการเคลื่อนที่หลายๆ ข้อต่อมาทำงานสัมพันธ์กัน ซึ่งแต่ละข้อต่อนั้นๆแตกต่างกันไป ในการปฏิบัติทักษะกีฬาบางชนิดเป็นการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วยความแข็งแรง (speed-strength) ซึ่งต้องการความเร็วมากกว่าความแข็งแรง ได้แก่ วิ่งระยะสั้น ทักษะกีฬาบางชนิดต้องใช้ความแข็งแรงด้วยความเร็ว (strength-speed) ซึ่งต้องการความแข็งแรงมากกว่าความเร็ว ได้แก่ ยกน้ำหนัก ดังนั้นในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการ

พัฒนาความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อนั้น เปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาในแต่ละส่วน จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของกีฬาแต่ละชนิด

ชู (Chu, 1996) กล่าวว่า ในร่างกายมนุษย์มีเส้นใยอยู่สองชนิด ชนิดที่หนึ่งคือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว แบ่งออกเป็นชนิด Type IIa และชนิด Type IIb ซึ่งสามารถออกแรงสูงสุดได้ในระยะเวลาสั้น เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานแบบใช้ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ ความแตกต่างของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วทั้งสองชนิดนี้ คือ ชนิด Type IIa มีความอดทนในการหดตัวมากกว่า ในขณะที่ชนิด Type IIb มีความเร็วในการหดตัวมากกว่า ซึ่งชนิด Type IIb จะหดตัวก่อน เมื่อเกิดความเมื่อยล้าแล้วชนิด Type IIa ก็จะหดตัวแทนต่อไป ชนิดที่สองคือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า เรียกว่า ชนิด Type I ซึ่งสามารถออกแรงเกือบสูงสุดได้ในระยะเวลานาน เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานแบบใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังมีเส้นใยที่กล้ามเนื้อชนิด Type IIc ซึ่งสามารถพัฒนาให้ทำงานได้ทั้งแบบเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว และเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะช่วยให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว และในลักษณะแรงระเบิด ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคงและท่าทางในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวใดๆ ทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์

ถึงแม้จะถือได้ว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อจะต้องมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าก็ตาม แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว ช่วยให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วและในลักษณะเป็นแรงระเบิด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคงและท่าทางของนักกีฬา ในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวใดๆ ทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์

สโตน และบอร์เดน (Stone and Borden, 1997) สรุปว่า แนวคิดเกี่ยวกับกิจกรรมการฝึกที่เฉพาะเจาะจง เป็นสิ่งที่สำคัญอันดับแรก ในการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการฝึกโดยใช้แรงต้าน ซึ่งความเฉพาะเจาะจงนี้ เกี่ยวข้องกับระบบพลังงานของร่างกาย และกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกาย ในส่วนของกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายนั้น คำนึงถึงความคล้ายคลึงกันระหว่างกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายของกิจกรรมการฝึกกับกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกาย ในขณะที่แสดงความสามารถออกมาในขณะแข่งขัน ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบของการเคลื่อนที่แรงสูงสุด (Peak force) อัตราการพัฒนาแรง การเร่งความเร็วและอัตราเร็ว ดังนั้น ถ้ากลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะฝึกเหมือนกับในขณะแข่งขัน ก็จะมีการถ่ายโยงกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายได้มากขึ้น

ในการพัฒนากล้ามเนื้อของนักกีฬาที่ยังไม่เคยฝึกมาก่อนนั้น การฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูงจะให้ประโยชน์มากกว่า ส่วนนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้ว จำเป็นจะต้องได้รับการฝึกให้กล้ามเนื้อออกแรงด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอัตราการพัฒนาแรงและความเร็วในการเคลื่อนที่

สำหรับอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็คือ น้ำหนักอิสระ (Free weights) ได้แก่ บาร์เบล (Barbell) ดัมพ์เบล (Dumbbell) ซึ่งสามารถจัดท่าฝึกให้ข้อต่อหลายๆ ข้อต่อได้ทำงานประสานกัน และทำให้กลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายคล้ายคลึงกับกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายตามธรรมชาติ

โอ'เช (O'Shea, 2000) เสนอแนะว่า ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังกล้ามเนื้อโดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น จะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (Athletic – type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนทซ์ (Power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (Power clean) ท่าพูล (Pulls) และท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Squat) ซึ่งล้วนเป็นท่าฝึกที่ใช้การยืนที่เป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก คุณค่าของการใช้ท่าฝึกเหล่านี้ ก็คือ ความสามารถที่จะเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการขี่จักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด ทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง ตี และการแทค (Tackling) โดยที่กล้ามเนื้อออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาแต่ละชนิด ซึ่งท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานี้จะพัฒนาระบบประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiological system) และระบบประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological system) ซึ่งหาไม่ได้จากการฝึกเพาะกาย หรือการฝึกโดยใช้เครื่องมือฝึกด้วยน้ำหนักทั่วๆ ไป

นอกจากนั้น โอ'เช ได้แบ่งเส้นใยกล้ามเนื้อออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกัน คือ

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

ในการฝึกความแข็งแรงนั้น หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟจะถูกระดมมาทำงานก่อน ทั้งนี้เนื่องจากมีขนาดเล็กและมีจุดเริ่มต้นของการกระตุ้นต่ำ จากนั้นหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟและหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว แบบกลัยโคลัยติกจะถูกระดมมาทำงานตามลำดับ ซึ่งลำดับของการระดมหน่วยยนต์ที่กำหนดขึ้นโดยหลักของขนาด (Size principle) นี้ จะไม่ครอบคลุมถึงการเคลื่อนที่ที่ใช้พลังระเบิด

สูงสุดของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ลักษณะเช่นนี้ หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว จะถูกระดมมาทำงานเป็นส่วนใหญ่

คาร์พ (Karp, 2001) กล่าวว่า มีหลักฐานที่ได้ให้ความเห็นว่า การระดมหน่วยยนต์ที่กำหนดขึ้นตามหลักของขนาดนั้น จะมีการเปลี่ยนลำดับของการระดมหน่วยยนต์มาทำงาน โดยที่เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นหรือในขณะที่ทำงานอย่างรวดเร็ว สำหรับกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นนั้น การระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

เบเกอร์ (Baker, 2001) กล่าวว่า ความหนักที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปมีสองลักษณะ คือ

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

ดังนั้นความหนักที่ใช้ในการฝึกก็คือ ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ เพราะฉะนั้นความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อ 80 – 100 % ของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด อาจจะเป็นเพียงน้ำหนักแค่ 40 – 60 % ของหนึ่งอาร์เอ็ม

แนวความคิดเกี่ยวกับการหาความหนักที่ใช้ในการฝึก

วาร์เทน (Wathan, 1994) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการยกกับความหนักเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (1 อาร์เอ็ม) ไว้ดังนี้

จำนวน 1 ครั้ง	=	100 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 2 ครั้ง	=	93.5 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 3 ครั้ง	=	91 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 4 ครั้ง	=	88.5 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 5 ครั้ง	=	86 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 6 ครั้ง	=	83.5 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 7 ครั้ง	=	81 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 8 ครั้ง	=	78.5 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 9 ครั้ง	=	76 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 10 ครั้ง	=	73.5 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

เลอซัวร์ และคณะ (LeSuer et al., 1997) ได้ศึกษาถึงความแม่นตรงของสมการต่างๆ สำหรับการใช้ประมาณหาค่า 1 อาร์เอ็ม ในท่าเบนช์เพรส (Bench press) สควอท (Squat) และ เดดลิฟท์ (Deadlift) ซึ่งพบว่าสมการของ วาร์เทน (Wathan, 1994) เป็นวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสมที่สุด สำหรับท่าสควอท อีกทั้งยังพบว่าการประมาณหาค่า 1 อาร์เอ็ม ควรใช้จำนวนการยกไม่เกิน 10 ครั้ง จึงจะสามารถประมาณการค่า 1 อาร์เอ็ม ออกมาได้แม่นตรงที่สุด

บีเคิล และคณะ (Baechle et al., 2000) ได้สรุปต่อจากวาร์เทน(Wathan, 1994) ถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการยกกับความหนักเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (1 อาร์เอ็ม) ไว้ดังนี้

จำนวน 1 ครั้ง	=	100	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 2 ครั้ง	=	95	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 3 ครั้ง	=	93	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 4 ครั้ง	=	90	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 5 ครั้ง	=	87	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 6 ครั้ง	=	85	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 7 ครั้ง	=	83	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 8 ครั้ง	=	80	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 9 ครั้ง	=	77	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวน 10 ครั้ง	=	75	เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

โดโฮนี่ และคณะ (Dohoney et al., 2002) ได้ศึกษาวิธีการประมาณค่า 1 อาร์เอ็ม โดยเปรียบเทียบวิธีการคำนวณ จากจำนวนการยก 4-6 อาร์เอ็ม กับ 7-10 อาร์เอ็ม ในผู้ใหญ่เพศชายที่มีสุขภาพดี พบว่า จำนวนการยก 4-6 อาร์เอ็ม มีความแม่นตรงในการทดสอบประมาณหาค่า 1 อาร์เอ็ม มากกว่าจำนวนการยก 7-10 อาร์เอ็ม

นอกจากนี้ วินเชสเตอร์ และคณะ (Winchester et al., 2005) ยังได้รายงานถึงวิธีการประมาณหาค่า 1 RM ไว้ดังนี้

1. อบอุ่นร่างกายด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 4-6 ครั้ง
2. อบอุ่นร่างกายด้วยความหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 3-4 ครั้ง
3. อบอุ่นร่างกายด้วยความหนัก 70 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 2-3 ครั้ง
4. อบอุ่นร่างกายด้วยความหนัก 90 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 1 ครั้ง

โดยแต่ละเซตใช้เวลาพักไม่ต่ำกว่า 5 นาที

จากนั้น จึงจะหาค่า 1 RM จากน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ภายใน 3-4 ครั้งเท่านั้น

แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบประเพณีนิยม

การฝึกด้วยน้ำหนักตามประเพณีนิยม มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า การฝึกความแข็งแรงตามประเพณีนิยม (Traditional strength training) จากการศึกษาของเบอร์เกอร์ (Berger, 1962) พบว่า การใช้ความหนักในระดับสูง คือ 80 – 90% ของ 1 อาร์เอ็ม ในจำนวน 4-8 ครั้ง เป็นผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากที่สุด

เหตุผลของการค้นพบนั้น ชมิทไบลเชอร์ (Schmidtbleicher, 1988) ได้อธิบายว่าตั้งอยู่บนรากฐานของทฤษฎีแห่งขนาดของการระดมหน่วยยนต์ (Size theory of motor unit recruitment) หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าซึ่งมีขนาดเล็ก จะถูกระดมมาทำงานก่อน ส่วนหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วซึ่งมีขนาดใหญ่ จะถูกระดมมาทำงานก็ต่อเมื่อมีการเคลื่อนไหวที่เร็วและต้องออกแรงมากเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ความหนักในระดับสูงมาใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการเคลื่อนไหวทางการกีฬา ซึ่งเป็นหลักประกันว่าหน่วยยนต์ทั้งของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า และหน่วยยนต์ที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานทั้งหมด

เมื่อความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วยดังที่ รูเธอร์ฟอร์ด และคณะ (Rutherford et al., 1986) ได้รายงานว่า ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับพลังกล้ามเนื้อ

เนื่องจากความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อมีลักษณะที่แตกต่างกัน เบมและเซล (Behm and Sale, 1993) ได้เสนอแนะว่า พลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวทางการกีฬานั้น จะสามารถพัฒนาได้ดีที่สุด โดยใช้การฝึกความแข็งแรงตามประเพณีนิยม ที่ใช้ความหนักในระดับสูงด้วยการพยายามยกน้ำหนักนั้นในลักษณะแรงระเบิด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาการทำงานของประสาท จึงทำให้ความสามารถในการเคลื่อนไหวทางการกีฬาดีขึ้น

ชมิทไบลเชอร์ (Schmidtbleicher, 1992) ได้เสนอแนะวิธีการฝึกพลังกล้ามเนื้อ โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training) โดยใช้ระยะเวลาของการฝึก 6 – 8 สัปดาห์ ดังนี้

1. วิธีการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่ (Maximal concentric contraction)) ลักษณะสำคัญของวิธีนี้ คือ การให้กล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่แบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น โดยการออกแรงเอาชนะน้ำหนักในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1 หดตัวเกือบเต็มที่แบบความยาวลดลง (Near - Maximal concentric contraction)

ความหนัก 90 95 97 100 100(+1กก.) % ของหนึ่งอาร์เอ็ม

จำนวนครั้ง 3 1 1 1 1 ครั้ง

จำนวนชุด 5 ชุด

เวลาพัก 3 – 5 นาที

จังหวะของการยกเร็ว

ความถี่ของการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

1.2 หดตัวเต็มที่แบบความยาวลดลง (Maximal concentric contraction)

ความหนัก 100% ของหนึ่งอาร์เอ็ม

จำนวนครั้ง 1 ครั้ง

จำนวนชุด 5 ชุด

เวลาพัก 3 – 5 นาที

จังหวะของการยกเร็ว

ความถี่ของการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

1.3 หดตัวเต็มที่แบบความยาวลดลง – ความยาวเพิ่มขึ้น (Concentric –eccentric maximal contraction)

ความหนัก 70-90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม

จำนวนครั้ง 6 - 8 ครั้ง

จำนวนชุด 3 - 5 ชุด

เวลาพัก 5 นาที

จังหวะของการยกเร็ว (เฉพาะขณะหดสั้นลง)

ความถี่ของการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

วิธีการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวได้เต็มที่ในลักษณะต่างๆ เหล่านี้ เน้นที่จังหวะของการยก ซึ่งจะต้องพยายามออกแรงให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้น้ำหนักที่นำมาใช้ฝึกนั้นเคลื่อนไปอย่างเร็ว แต่แท้ที่จริงแล้วไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็วตามที่ต้องการได้ เนื่องจากน้ำหนักที่นำมาใช้ฝึกนั้นมีความหนักนั่นเอง

2. วิธีการฝึกแบบผสม (Mixed method) ลักษณะสำคัญของวิธีนี้คือ การพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ และพลังกล้ามเนื้อในโปรแกรมการฝึกเดียวกัน โดยออกแรงเอาชนะน้ำหนักในลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.1 วิธีการฝึกความแข็งแรงแบบรวดเร็ว (Speed strength method)

ความหนัก 30-50% ของหนึ่งอาร์เอ็ม

จำนวนครั้ง 7 ครั้ง

จำนวนชุด 5 ชุด

เวลาพัก 3 – 5 นาที

จังหวะของการยกเร็ว (เฉพาะขณะความยาวลดลง)

2.2 วิธีการฝึกแบบปิรามิด (Pyramid method)

ความหนัก 80 85 90 95 100 95 85% ของหนึ่งอาร์เอ็ม

จำนวนครั้ง 7 5 3 2 1 2 5 ครั้ง

จำนวนชุด 7 ชุด

เวลาพัก 3 – 5 นาที

จังหวะของการยกเร็ว

บอมพา (Bompa, 1993) ได้เสนอแนะวิธีการฝึกพลังกล้ามเนื้อ โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training) ดังนี้

1. วิธีการฝึกแบบไอโซโทนิก (Isotonic method) โดยการพยายามที่จะทำให้น้ำหนักเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุดและแรงที่สุดเท่าที่จะทำได้ตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ น้ำหนักที่ใช้นั้นเป็นแรงต้านภายนอก (External resistance) ส่วนแรงที่จะเอาชนะความเฉื่อยของน้ำหนักที่ใช้นั้น เป็นความแข็งแรงภายใน (Internal strength) ซึ่งจะต้องมากกว่าแรงต้านทานภายนอก ถ้าความแข็งแรงภายในเพิ่มขึ้นก็จะสามารถทำให้น้ำหนักเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเพิ่มขึ้น ช่วงของการเคลื่อนที่ลำบากที่สุดก็คือ ช่วงเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ ดังนั้นความแข็งแรงสูงสุดจึงมีความสำคัญต่อการฝึกพลังกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะทำให้เกิดการเริ่มต้นเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นแรงระเบิดเพิ่มขึ้น และที่สำคัญไปกว่านั้นก็คือ จะต้องมีความสามารถที่จะใช้ความแข็งแรงสูงสุดนั้นด้วยความเร็วสูง โปรแกรมการฝึกดังนี้

ความหนัก

นักกีฬาที่ใช้ความพยายามซ้ำๆ กัน	30 – 50%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
นักกีฬาที่ใช้ความพยายามครั้งเดียว	50 – 80%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	4 – 10	ครั้ง
จำนวนชุด	3 - 6	ชุด
เวลาพัก	2 – 6	นาที
จังหวะของการยก	เร็ว	
ความถี่ของการฝึก	2 - 3	ครั้งต่อสัปดาห์

2. วิธีการฝึกแบบพลังต้าน (Power – resisting method) โดยการสลับความหนักของการฝึกซึ่งใช้น้ำหนักมากก่อน เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ แล้วตาม

ด้วยการใช้น้ำหนักน้อยในทันทีโดยใช้จังหวะการยกที่เร็วเป็นลักษณะของแรงระเบิด มีโปรแกรมการฝึกดังนี้

ความหนัก		
น้ำหนักมาก	80 – 90 %	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
น้ำหนักน้อย	30 – 50%	ของหนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง		
น้ำหนักมาก	2 – 4	ครั้ง
น้ำหนักน้อย	2 – 4	ครั้ง
รวม	4 – 8	ครั้ง
จำนวนชุด	3 – 5	ชุด
เวลาพัก	2 – 4	นาที
จังหวะของการยก		
น้ำหนักมาก	ช้า	
น้ำหนักน้อย	เร็ว	
ความถี่ของการฝึก	1 – 2	ครั้งต่อสัปดาห์

ข้อดีของการฝึกด้วยน้ำหนัก

การใช้ความหนักในระดับสูง คือ 80 – 90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม จะเป็นการรับประกันได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน (Berger, 1962) จึงทำให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) มีความสัมพันธ์สูงกับพลังกล้ามเนื้อ (Rutherford et al., 1986)

ข้อเสียของการฝึกด้วยน้ำหนัก

เอลเลียท, วิลสัน และเคอร์ (Elliot, Wilson and Kerr, 1989) พบว่า ถ้ายกน้ำหนักในท่าเบนช์เพรส (Bench Press) ด้วยความเร็วเต็มที่ โดยใช้ความหนัก 1 อาร์เอ็ม จะมีช่วงของการลดความเร็วเป็น 24% จากอัตราความเร็วของการทำงานในลักษณะหดสั้นเข้า แต่ถ้าลดความหนักลงเหลือ 81% ของ 1 อาร์เอ็ม กลับทำให้ช่วงของการลดความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 52% ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเริ่มยกด้วยอัตราความเร็วสูงขึ้นนั้น ก็ต้องผ่อนความเร็วลงในระยะที่จะสุดช่วงของการเคลื่อนที่เพื่อให้น้ำหนักหยุดนิ่งอยู่ที่จุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่พอดี

จากสูตร Power = Strength x Speed

จะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จะต้องทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือความเร็วเพิ่มขึ้น หรือทั้งความแข็งแรง และความเร็วเพิ่มขึ้น ดังนั้นพลังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป จึงมีข้อจำกัด

ในขณะที่นิวตัน และเครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) ให้ความเห็นว่า การที่ผู้เชี่ยวชาญในการฝึกความแข็งแรงและสมรรถภาพทางกายหลายท่านเชื่อว่า ในขณะที่ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จะทำให้พลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นนั้นเป็นเรื่องที่ถูกต้อง แต่ถ้าพิจารณาให้ลึกซึ้งไปกว่านั้นจะเห็นได้ว่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยอัตราความเร็วต่ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สนับสนุนให้เกิดพลังระเบิด การเคลื่อนไหวในลักษณะพลังระเบิดนี้เป็นการเคลื่อนไหว โดยเริ่มจากอัตราความเร็วเป็นศูนย์หรือจากอัตราความเร็วต่ำ ดังนั้น ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อจึงมีส่วนช่วยพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในระยะเริ่มต้นการเคลื่อนไหวเท่านั้น

อย่างไรก็ตามในขณะที่กล้ามเนื้อเริ่มหดตัวสั้นลงด้วยอัตราความเร็วที่สูงนั้น ความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ทำงานด้วยอัตราความเร็วต่ำก็จะส่งผลแต่เพียงเล็กน้อยต่อความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะออกแรงมากขึ้นในอัตราความเร็วที่สูงดังกล่าว

แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกพลัยโอเมตริก

พลัยโอเมตริก (Plyometric) เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเหยียด – สั้น (Stretch – shorten cycle) โดยที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นก่อนแล้วจึงหดตัวแบบความยาวลดลง แต่จะเรียกว่าพลัยโอเมตริกได้ จะต้องเป็นไปในลักษณะที่หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นในช่วงสั้นๆ อย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยหดตัวแบบความยาวลดลงอย่างเต็มที่เท่านั้น(La Chance, 1995) การฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่าการเหยียดตัวออกอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหดตัว จะทำให้เกิดผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้น การที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกเร็วเท่าใด ก็ยิ่งมีการพัฒนาแรงหดตัวสั้นเข้าทันทีทันใดมากยิ่งขึ้นเท่านั้น (Huber,1987 อ้างถึงในถนอมวงศ์ กฤษฎ์เพ็ชร์และจรูญ มีสิน, 2536) ดังนั้นการฝึกพลัยโอเมตริก จึงมีเป้าหมายเพื่อเชื่อมระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็วของการเคลื่อนไหว ซึ่งก็คือการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั่นเอง

ชู (Chu, 1992) กล่าวว่า จากการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาที่เกี่ยวกับพลัยโอเมตริก ทำให้เกิดความเห็นสอดคล้องกันว่า มีปัจจัยที่สำคัญสองประการ ที่ส่งผลต่อพลัยโอเมตริก คือ ความยืดหยุ่นตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle Elasticity) และรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch reflex) ซึ่งจากการศึกษาของแอสมุสเซนและบอนด์ – ปีเตอร์สัน (Asmussen and Bonde – Peterson ,1974) พบว่า ขนาดของพลังงานที่เกิดจากการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อสามารถจะถ่ายโยงไปสู่การหดตัว

ของกล้ามเนื้อ แบบความยาวลดลงที่ตามมานั้นได้ แต่ถ้าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวเพิ่มขึ้นนั้นใช้เวลานานขึ้น พลังงานที่ถ่ายโยงไปก็จะมีขนาดลดลง นั่นคือ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่อย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพมากกว่าและถ่ายโยงพลังงานได้มากกว่า อย่างไรก็ตามช่วงเวลาระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวเพิ่มขึ้นกับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลงนี้ จะเหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละคนนั้นขึ้นอยู่กับอายุ เพศ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อและความแข็งของพื้นผิวที่ใช้ในการฝึก

อัลเลอไฮลิเกน และโรเจอร์ (Allerheiligen and Rogers , 1995) ได้เสนอแนะการออกแบบโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ข้อควรพิจารณาก่อนการฝึก

- อายุ เนื่องจากท่าฝึกพลัยโอเมตริกบางท่ามีความหนักอยู่ในระดับสูง และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในส่วนของกระดูกที่กำลังเจริญเติบโต จึงมีข้อแนะนำว่า นักกีฬาที่มีอายุต่ำกว่า 16 ปี จะต้องไม่ฝึกในท่าที่มีความหนักอยู่ในระดับช็อค (Shock) ซึ่งเป็นระดับสูงสุด ซึ่งได้แก่ ท่าเด็พธ์จัมพ์ (Depth jumps)

- น้ำหนักตัว ผู้ที่มีน้ำหนักเกิน 220 ปอนด์ ไม่ควรฝึกท่าเด็พธ์จัมพ์ จากความสูงเกินกว่า 18 นิ้ว

- อัตราส่วนของความแข็งแรง หมายถึง น้ำหนักที่ยกท่าแบบน้ำหนักย่อตัวได้มากที่สุดหารด้วยน้ำหนักตัว ควรจะมีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 2.5 จึงจะเหมาะสำหรับการฝึกพลัยโอเมตริก ทั้งนี้ค่าของการฝึกแต่ละแบบ จำเป็นต้องใช้อัตราส่วนของความแข็งแรงแตกต่างกันไป

- โปรแกรมการฝึกความเร็วในปัจจุบัน ถ้าผู้ฝึกไม่ได้ฝึกในโปรแกรมการฝึกความเร็วอยู่ในขณะนี้ จะต้องจัดให้ฝึกในโปรแกรมดังกล่าวเสียก่อน อย่างน้อย 2 – 4 สัปดาห์ ก่อนที่จะฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

- ประสบการณ์ ถ้าผู้ฝึกไม่มีประสบการณ์ในการฝึกมาก่อน จะต้องเริ่มจากปริมาณของการฝึกที่มากกว่าปกติ และความหนักของการฝึกที่น้อยกว่าปกติ และจะต้องค่อยๆ พัฒนาการฝึกไปเรื่อยๆ

- การบาดเจ็บ บริเวณที่บาดเจ็บได้ง่าย ได้แก่ เท้า ข้อเท้า หน้าแข้ง เข่า สะโพกและหลังส่วนล่าง ดังนั้นจึงต้องมีการประเมินการบาดเจ็บ เพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้นในตอนเริ่มต้นของโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก

- พื้นผิวของสถานที่ฝึก พื้นผิวตามอุดมคติก็คือ พื้นแบบที่ใช้ในกีฬายิมนาสติก หรือพรมที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถรองรับการกระแทกได้ดี ส่วนพื้นไม้ของสนามบาสเกตบอล หรือพื้นลู่ยางสังเคราะห์ก็พอที่จะใช้ในการฝึกได้ และพื้นหญ้าก็อาจเป็นพื้นผิวตามอุดมคติได้

- ข้อควรพิจารณาทางด้านความปลอดภัย ในการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นจะต้องเน้นให้ผู้ฝึกปฏิบัติด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องแนะนำ และแก้ไขให้ถูกต้อง ซึ่งถ้าผู้ฝึกสอนละเลยก็จะเกิดการบาดเจ็บได้ง่าย และจะต้องกำหนดโปรแกรมการฝึกได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึก

- การอบอุ่นร่างกาย จะต้องมีการอบอุ่นร่างกายก่อนที่จะฝึกพลัยโอเมตริกเสมอ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและประสิทธิภาพในการฝึกจะเพิ่มขึ้น

- ชนิดของกีฬา จะต้องเลือกท่าของการฝึกให้สัมพันธ์กับทิศทางของการเคลื่อนไหวของกีฬาชนิดนั้นๆ

- ช่วงเวลาของการฝึก จะต้องจัดปริมาณและความหนักของการฝึกให้สอดคล้องกับช่วงเวลาของการฝึกที่มีทั้งนอกฤดูกาลแข่งขัน ฤดูก่อนการแข่งขัน และฤดูแข่งขัน

- ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก จะใช้การฝึกพลัยโอเมตริกอยู่ในโปรแกรมการฝึกระหว่าง 6- 10 สัปดาห์

- ความถี่ของการฝึก โดยทั่วไปจะฝึก 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์

- ลำดับขั้นของความหนัก ความหนักของการฝึกขึ้นอยู่กับวงจรเหยียด – สั้น ซึ่งเป็นผลมาจากความสูงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ความเร็วพื้นราบ น้ำหนักตัว ความพยายามของแต่ละคน และความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะเอาชนะความต้านทาน

- ลำดับขั้นของปริมาณ ตามปกติแล้ว ปริมาณของการฝึกจะนับจากจำนวนครั้งที่ส้นเท้าสัมผัสพื้น และ/หรือ ระยะทางทั้งหมดในการฝึก ในขณะที่ความหนักของการฝึกเพิ่มขึ้น ปริมาณของการฝึกจะต้องลดลง

- เวลาพัก เนื่องจากการฝึกพลัยโอเมตริกนั้น จะใช้ความพยายามสูงสุดในแต่ละครั้ง จึงต้องมีเวลาพักระหว่างการปฏิบัติแต่ละครั้ง เวลาพักระหว่างชุดให้เหมาะสม เช่น การฝึกท่าเด็พธ์จัมพ์อาจจะพักระหว่างการปฏิบัติแต่ละครั้ง 15-30 วินาที และพักระหว่างชุด 3-4 นาที

- ความเมื่อยล้า จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เทคนิค และคุณภาพของการฝึกลดลง อาจเป็นเหตุให้เกิดการบาดเจ็บได้ ความเมื่อยล้านี้อาจเป็นผลมาจากการฝึกพลัยโอเมตริกที่ยาวนาน หรือรวมกันระหว่างโปรแกรมการฝึกแบบอื่น ๆ เช่น การวิ่ง หรือการฝึกด้วยน้ำหนัก

ขั้นที่ 3 ลักษณะของการเคลื่อนไหว

- กระโดด (Jumps) ขาเดียวหรือสองขา และจบด้วยขาเดียวหรือสองขา ได้แก่

- กระโดดอยู่กับที่ (Jumps in place) โดยปกติจะเป็นกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง

- ยืนกระโดด (Standing jumps) อาจจะเป็นในแนวราบในแนวดิ่ง หรือไปทางด้านข้าง

- เขย่ง (Hops) ขาเดียวหรือสองขา และจบด้วยขาเดียวหรือสองขาในแนวราบ ที่มีเป้าหมายให้ได้ระยะทางมากที่สุด ได้แก่

- ระยะสั้น (10 ครั้ง หรือน้อยกว่า)

- ระยะไกล (มากกว่า 10 ครั้ง)

- ช็อค (Shock) เป็นพลัยโอเมตริกที่ระบบประสาทต้องทำงานอย่างหนัก และเกิดความเครียดที่กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นอย่างมาก ได้แก่ เด็พธ์จัมพ์ ซึ่งมีทั้งการเคลื่อนไหวในแนวดิ่งและแนวราบ

ขั้นที่ 4 ลำดับขั้นของความหนัก

- กระโดดอยู่กับที่ (Jumps in place) เป็นท่าฝึกที่มีความหนักในระดับต่ำ ซึ่งเน้นการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่ง โดยการกระโดดขึ้นและลงสู่พื้นด้วยสองขา ได้แก่

- กระโดดจากท่าย่อตัว (Squat jumps)

- กระโดดกระตุกเข่าสองข้าง (Double – leg tuck jump)

- กระโดดแตะปลายเท้า (Pike jumps)

- กระโดดจากท่าย่อตัวแยกขา (Split squat jumps)

- กระโดดจากท่าย่อตัวแยกขาสลับกันไป (Cycled split squat jumps)

- กระโดดข้ามกรวยหรือสิ่งกีดขวาง (Jumps over cones or barriers)

- บ็อกซ์จัมพ์ (Box jumps)

- ยืนกระโดด (Standing jumps) เป็นท่าฝึกที่เน้นการกระโดดทั้งในแนวราบและแนวดิ่งโดยกระโดดแต่ละครั้งด้วยความพยายามเต็มที่ ในแต่ละชุดของการฝึก จะกระโดด 5-10 ครั้ง ได้แก่

- ยืนกระโดดไกล (Standing long jump)

- ยืนเขย่งก้าวกระโดด (Standing triple jump)

- กระโดดข้ามกรวยหรือสิ่งกีดขวาง (Jumps over cones or barriers)

- กระโดดและเขย่ง (Multiple jumps and hops) เป็นท่าฝึกที่เน้นการกระโดดซ้ำ ๆ กันคล้ายกับการรวมกันระหว่างกระโดดอยู่กับที่ และยืนกระโดดเข้าด้วยกัน ได้แก่

- เขย่งสองขา (Double leg hops)

- เขย่งขาเดียว (Single leg hops)

- เขย่งข้ามรั้วหรือกรวย (Hurdle or cone hops)

- เขย่งจากท่าย่อตัว (Squat hops)

- เขย่งก้าวกระโดดซ้ำ ๆ (Repeat triple jumps)

- เด็พธ์และบ็อกซ์จัมพ์ (Depth and box jumps) เป็นท่าฝึกที่เน้นการตอบสนองของรีเฟล็กซ์ยืด เนื่องจากต้องยืนอยู่บนกล่องที่สูงจากพื้น ซึ่งเมื่อกระโดดลงมาสู่พื้นจะทำให้ได้รับอิทธิพลจากแรงดึงดูดของโลกมากขึ้น ความสูงของกล่องจะขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างของนักกีฬาและจุดมุ่งหมายของโปรแกรมการฝึกในแต่ละช่วงของการฝึก ได้แก่

- เด็พธ์จัมพ์สองขา (Double leg depth jumps)

- เด็พธ์จัมพ์ขาเดียว (Single leg depth jumps)

- การฝึกด้วยบ็อกซ์ (Box drills) ได้แก่การใช้สองขา ขาเดียว สลับขา และกระโดดคร่อม (double leg, single leg, single leg alternate, and straddle jumps)

- กระโดดในแนวราบ (Bounding) เป็นท่าฝึกที่เน้นการเคลื่อนไหวในแนวราบด้วยความเร็วโดยปกติจะใช้ระยะทางมากกว่า 30 เมตร ได้แก่

- กระโดดในแนวราบสลับขา (Alternate leg bounds)

- กระโดดในแนวราบแบบผสมผสาน

- กระโดดในแนวราบขาเดียว (Single leg bounds)

- กระโดดในแนวราบสองขา (Double leg bounds)

ขั้นที่ 5 การออกแบบโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก มีขั้นตอน 16 ขั้น ดังนี้

- สิ่งที่ควรพิจารณาทางด้านร่างกาย ได้แก่

1) อายุ

2) น้ำหนักตัว

3) อัตราส่วนของความแข็งแรง

4) โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในปัจจุบัน

5) โปรแกรมการฝึกความเร็วในปัจจุบัน

6) ประสบการณ์

7) การบาดเจ็บ

โดยพิจารณาจากรายละเอียดในขั้นที่ 1

- สิ่งที่ควรพิจารณาทางด้านกีฬา ได้แก่

8) ชนิดของกีฬา

9) ช่วงเวลาของการฝึก

10) ความยาวของโปรแกรมการฝึก

11) ความต้องการเฉพาะของกีฬานั้น ๆ

โดยพิจารณาจากรายละเอียดในขั้นที่ 2

- กำหนดโปรแกรม ได้แก่

12) จำนวนของวันที่ใช้ฝึกใน 1 สัปดาห์

- อาจเป็น 1 2 3 หรือ 4 วัน

13) วันที่ใช้ฝึก

- อาจเป็น วันจันทร์ และวันพฤหัสบดี

14) ปริมาณของการฝึก

- หมายถึงจำนวนครั้งที่เท้าสัมผัสพื้น

น้อยกว่า 80 ครั้ง	ต่ำ
80 – 120 ครั้ง	ปานกลาง
120 – 160 ครั้ง	สูง
มากกว่า 160 ครั้ง	สูงมาก

15) ความหนักของการฝึก

ต่ำ

ต่ำจนถึงปานกลาง

ปานกลาง

ปานกลางจนถึงสูง

สูง

ช็อค (Shock intensity)

16) ลำดับของการฝึก

จากง่ายไปหายาก

จากต่ำไปหาสูง

ข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะแรงระเบิดมากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแรงอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อด้วย จากการศึกษาของแฮคคิเนน โคมิและอเลน (Hakkinen, Komi and Alen, 1985) พบว่า ในลักษณะของการฝึกพลัยโอเมตริกนั้น ทำให้สามารถเพิ่มอัตราการพัฒนาแรงและพลังกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักตามประเพณีนิยม

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะไม่มีการผ่อนแรง ลดอัตราความเร็วลงในระยะที่จะสุดช่วงของการเคลื่อนที่เหมือนที่เกิดขึ้นกับการฝึกด้วยน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักจะหยุดอยู่ที่สุดช่วงของการเคลื่อนไหวพอดี ดังนั้นพลัยโอเมตริกจึงเป็นการออกแรงมากและเพิ่มอัตราความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ ซึ่งเหมือนกับลักษณะของกีฬาส่วนใหญ่

3. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูงกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก ทำให้สามารถถ่ายโยงลักษณะของการเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วสูง ไปยังสถานการณ์ในการแข่งขันจริงได้

4. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของวงจรเหยียด – สั้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเหมือนกับการทำงานของกล้ามเนื้อในกีฬาส่วนใหญ่ จากการศึกษาของชมิท ไบลเซอร์ กอลโฮเฟอร์ และฟริค (Schmidtbleicher Gollhofer and Frick, 1988) พบว่ากิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการสนับสนุนความสามารถในการใช้วงจรเหยียด – สั้น โดยการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่เกิดจากการเหยียดตัวออกของกล้ามเนื้อ และรีเฟล็กซ์ยืดมากขึ้น

ข้อเสียของการฝึกพลัยโอเมตริก

1. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกทำให้เกิดแรงกระแทกในระดับสูงเมื่อจะลงสู่พื้น ซึ่งแรงกระแทกขนาด 3-4 เท่าของน้ำหนักตัวนั้น ทำให้เกิดการบาดเจ็บในระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูกได้ ถ้าไม่มีการเตรียมพื้นฐานความแข็งแรงมาก่อน และใช้พื้นรองรับที่ลดแรงกระแทกได้

2. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกตามแบบที่ใช้ทั่วไปนั้น ในการฝึกส่วนล่างของร่างกายก็จะใช้น้ำหนักตัวเป็นน้ำหนักในการฝึก ส่วนในการฝึกส่วนบนของร่างกายก็จะใช้เมดิซินบอล ขนาด 3-10 กิโลกรัมเป็นน้ำหนักในการฝึก

การฝึกส่วนล่างของร่างกายโดยใช้น้ำหนักตัวนั้น ไม่สามารถกำหนดอย่างแน่นอนได้ ถึงแม้ว่าจะมีผู้ที่พยายามศึกษาจนได้ความสูงของกล่องในการฝึกท่าเด็พธ์จัมพ์ของผู้ที่มีน้ำหนักต่างๆ กัน ทั้งนี้ยังมีปัจจัยด้านเพศ อายุ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ตลอดจนความแข็งแรงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

การฝึกส่วนบนของร่างกายโดยใช้เมดิซินบอลขนาด 3-10 กิโลกรัม นั้น ไม่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์มารองรับ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าพลังกล้ามเนื้อจะพัฒนาได้ดีที่สุดเมื่อใช้น้ำหนักประมาณ 30-40% ของความแข็งแรงสูงสุด

3. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในด้านจำนวนของท่าฝึก โดยที่ท่าฝึกส่วนใหญ่เป็นท่าฝึกสำหรับส่วนล่างของร่างกายที่เน้นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดสะโพกและขา ส่วน

การใช้เมดิซินบอลนั้น ความหนักของเมดิซินบอลยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นลักษณะของการเคลื่อนไหวบางอย่างยังไม่สามารถใช้การฝึกพลัยโอเมตริกได้

4. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกมีความจำกัดในด้านการให้ผลย้อนกลับ (Feedback) จากการฝึกจากการสำรวจท่าฝึกจำนวน 89 ท่าที่แนะนำโดยชู (Chu, 1992) พบว่ามีเพียง12 ท่าเท่านั้น ที่สามารถให้ผลย้อนกลับจากการฝึกได้ เช่น จำนวนครั้งที่สัมผัส หรือ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติแต่ไม่สามารถให้ผลย้อนกลับในด้านพลังกล้ามเนื้อได้ว่า ในการปฏิบัติแต่ละครั้งของท่าฝึกนั้น พลังกล้ามเนื้อจะมีค่าเท่าไร ไม่เหมือนกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่สามารถทราบค่าของความหนักในการปฏิบัติแต่ละครั้งของท่าฝึกได้ แม้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริกในบางท่า จะสามารถวัดความสูงของการปฏิบัติได้ แต่ก็เป็นการให้ผลย้อนกลับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การฝึกพลัยโอเมตริกจึงเปรียบเสมือนการฝึกคนตาบอด

5. กิจกรรมการฝึกพลัยโอเมตริกจะต้องปฏิบัติในลักษณะที่ใช้อัตราความเร็วสูง ดังนั้นความแข็งแรงที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการฝึกด้วยน้ำหนัก

แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบบะลิสติก

การฝึกแบบบะลิสติก เป็นการฝึกที่รวมเอาการฝึกด้วยน้ำหนักแบบประเพณีนิยม และการฝึกพลัยโอเมตริกเข้าด้วยกัน โดยเน้นให้นักกีฬาสามารถแสดงพลังกล้ามเนื้อออกมาให้ได้สูงที่สุด หรือเรียกว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อสูงสุด รูปแบบของการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการฝึก คือ การออกแรงดันหรือโยนวัตถุให้ลอยขึ้นในอากาศอย่างรวดเร็ว เช่น ท่าการแบกน้ำหนักกระโดด (Jump squat) และท่านอนผลักน้ำหนัก (Bench press throw) ซึ่งจะเน้นการออกแรงสูงสุดอย่างรวดเร็วในจังหวะการกระโดดขึ้นจากพื้น และจังหวะการปล่อยวัตถุให้ลอยขึ้นจากอากาศ โดยที่ไม่มีการลดความเร่งของกล้ามเนื้อในช่วงใกล้จะสิ้นสุดการเคลื่อนไหว (Cormie et al., 2011) นักกีฬาจำเป็นต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐาน เพื่อลดการบาดเจ็บ และเตรียมความพร้อมของระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูก (Musculoskeletal system) ให้รับแรงกระแทกที่หนักได้

นิวตัน และ เครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) ได้อ้างถึงการค้นพบของคาเนโกะ และคณะ (Kaneko et al., 1983) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวสั้นลง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนัก 30 % ของความแข็งแรงสูงสุด ด้วยความเร็วมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจากการค้นพบของ ฟอล์คเนอร์ คลาฟฟิน และแมคคัลลี (Faulkner, Claflin and McCuliy,1986) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนัก 30 % ของความแข็งแรงสูงสุดนั้น ความเร็วของการ

ออกแรงของกล้ามเนื้อจะมีค่าประมาณ 30 % ของความเร็วสูงสุด ซึ่งชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้เรียกรูปแบบของการฝึกแบบบะลิสติกไว้ว่า การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก

นารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ได้แบ่งรูปแบบของการเคลื่อนไหวในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น (Propulsive phase) และช่วงการลงสู่พื้น (Landing phase) ซึ่งการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้น จะมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการออกแรงอย่างรวดเร็วสูงสุดขณะกระโดดขึ้นจากพื้น กล้ามเนื้อทำงานแบบหดตัวความยาวลดลง (Concentric contraction) ส่วนช่วงการลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบหดตัวความยาวเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

เนตร ทองธาระ (2545) ทำการศึกษาผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 24 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกตามปกติและฝึกความเร็ว และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกตามปกติ ฝึกความเร็วและฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ทำการฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าหลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์ มีผลต่อการพัฒนาความเร็ว ดีกว่าการฝึกความเร็วเพียงอย่างเดียว และหลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 6 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีการพัฒนาความเร็วไม่แตกต่างกัน

เอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 20 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึกเด็พธ์จัมพ์ให้ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักให้ ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกจำนวน 8 ครั้งต่อชุด ฝึก 5 ชุดต่อวัน ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มมีการพัฒนาของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว โดยที่กลุ่มฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักมีการพัฒนาที่ดีกว่ากลุ่มฝึกเด็พธ์จัมพ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

วิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1993) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ภาระงานของการฝึกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการฝึก 3 รูปแบบ ที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาใน

ลักษณะของการวิ่ง การกระโดด และการขี่จักรยาน กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นผู้ที่อยู่ในระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้วไม่ต่ำกว่า 1 ปี และสามารถแบกน้ำหนักย่อตัวได้มากกว่าน้ำหนักตัว จำนวน 64 คน ทดสอบความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬา ประกอบด้วย

- ยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงแล้วกระโดดขึ้นทันที (Countermovement jump)
- ยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงค้างไว้แล้วกระโดด (Static jump)
- แรงเหยียดขาแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic leg extension)
- วิ่ง 30 เมตร (30 – m sprint)
- พลังสูงสุดในการขี่จักรยาน 6 วินาที (6 – s Cycle peak force)
- แรงสูงสุดแบบไอโซเมตริกในท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Maximum isometric force)
- อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

แล้วแบ่งออกเป็นกลุ่มที่มีความสามารถไม่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน

กลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป โดยใช้น้ำหนัก 6 - 10 อาร์เอ็ม ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 - 2 จำนวน 3 ชุด
สัปดาห์ที่ 3 จำนวน 4 ชุด
สัปดาห์ที่ 4 จำนวน 5 ชุด
สัปดาห์ที่ 5 - 10 จำนวน 6 ชุด

กลุ่มที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริก โดยใช้เด็พช์จัมพ์ จำนวน 6 - 10 ครั้ง ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 – 2 จำนวน 3 ชุด จากความสูง .20 เมตร
สัปดาห์ที่ 3 จำนวน 4 ชุด จากความสูง .40 เมตร
สัปดาห์ที่ 4 จำนวน 5 ชุด จากความสูง .60 เมตร
สัปดาห์ที่ 5 – 10 จำนวน 6 ชุด จากความสูง .80 เมตร

กลุ่มที่ 3 ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก โดยกระโดดในท่าย่อตัว ใช้น้ำหนักประมาณ 30 % ของความแข็งแรงสูงสุด จำนวน 6 - 10 ครั้ง ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 - 2 จำนวน 3 ชุด
สัปดาห์ที่ 3 จำนวน 4 ชุด
สัปดาห์ที่ 4 จำนวน 5 ชุด
สัปดาห์ที่ 5 - 10 จำนวน 6 ชุด

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มควบคุม ให้ทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามปกติ ตลอด 10 สัปดาห์ ทดสอบความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬา หลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 5 และหลัง การฝึกสัปดาห์ที่ 10

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังจากฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงแล้วกระโดดขึ้นทันที ของกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากฝึก 10 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 ซึ่งฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป กลุ่มที่ 2 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกและกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงค้างไว้แล้วกระโดด ของกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการฝึก 10 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 ซึ่งด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป และกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการออกแรงเหยียดขาแบบไอโซคิเนติก ของกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังการฝึกเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการวิ่ง 30 เมตร ของกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. หลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดในการปั่นจักรยาน 6 วินาที ของกลุ่มที่ 1 ซึ่งฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป และกลุ่มที่ 3 ซึ่งฝึกแบบพลังสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. หลังการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดแบบไอโซเมตริกในท่าสควอท ของกลุ่มที่ 1 ซึ่งฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แมคไบรท์ และคณะ (Mcbride et al., 2002) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยใช้น้ำหนักเบา และน้ำหนักมาก ที่มีต่อการพัฒนาความแข็งแรง พลัง และความเร็ว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชาย จำนวน 26 คน อายุ 18-30 ปี ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ใช้ความหนักเบา (30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม) กลุ่มที่ 2 ใช้ความหนักมาก (80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ มีการใช้อุปกรณ์เบรกเพื่อลดแรงกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นติกที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวรวมกับน้ำหนักของคาน ติดอุปกรณ์วัดระยะการเคลื่อนที่ของคาน ทำการทดสอบความคล่องตัว ทดสอบความเร็ว 20 เมตร และ

ทดสอบแบกน้ำหนักกระโดดที่ความหนัก 30 55 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ก่อนและหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่าค่าความเร็วสูงสุด และค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในการทดสอบแบกน้ำหนักกระโดดที่ความหนัก 30 55 และ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองกลุ่มที่ฝึกโดยใช้ความหนักเบามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว 20 เมตร ในกลุ่มที่ฝึกโดยใช้ความหนักเบามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย แตกต่างกับกลุ่มที่ฝึกโดยใช้ความหนักมาก ค่าแรงสูงสุด และค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในการทดสอบกระโดดแบกน้ำหนักที่ความหนัก 55 และ 80 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การทดสอบความเร็ว 20 เมตร มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อดีของการฝึกแบบบะลิสติก

1.ใช้เวลาในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบประเพณีนิยม

2.กิจกรรมการฝึกมีลักษณะการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นหลัก โดยมีการฝึกด้วยน้ำหนักช่วยเสริม ซึ่งใช้ข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีการเคลื่อนไหวด้วยอัตราความเร็วสูง และมีการเร่งความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว

3.ให้ผลในการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป หรือการฝึกพลัยโอเมตริกแต่เพียงอย่างเดียว

ข้อเสียของการฝึกแบบบะลิสติก

1.การใช้น้ำหนัก 30 % ของความแข็งแรงสูงสุด และปฏิบัติในรูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกที่แท้จริงแล้ว ทำให้เกิดแรงกระแทกมากขึ้นในขณะสัมผัสพื้น ซึ่งจะมีอัตราเสี่ยงจากการบาดเจ็บสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ช่วงเวลาของการสัมผัสพื้นเพิ่มขึ้น และความเร็วในการปฏิบัติลดลงอีกด้วย

2.มีความจำกัดเกี่ยวกับท่าฝึกซึ่งไม่สามารถใช้ท่าฝึกของพลัยโอเมตริกได้ทุกท่าเนื่องจากมีการใช้น้ำหนัก 30% ของความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มเข้าไป โดยเฉพาะท่าที่มีการเคลื่อนที่และการทดสอบความแข็งแรงสูงสุดก็จะต้องทดสอบด้วยท่าการฝึกด้วยน้ำหนักก่อนจึงจะนำไปใช้กับท่าการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน

แนวความคิดเกี่ยวกับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นติก

ในปัจจุบันการฝึกแบบบะลิสติก หรือการฝึกพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ได้รับความนิยมที่จะนำไปใช้ในการฝึกนักกีฬากันเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน ที่ทำให้เกิดความเสี่ยง อันเกิดมาจากรูปแบบของการเคลื่อนไหวในการฝึก ความแข็งแรงพื้นฐานของกล้ามเนื้อ และความเสี่ยงจะเกิดอาการบาดเจ็บ จากแรงกระแทกที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้นักวิจัยพยายามคิดค้นวิธีที่จะช่วยลดความเสี่ยง และข้อจำกัดเหล่านั้นให้มากที่สุด

เป้าหมายของการฝึกโดยใช้แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก คือ การช่วยลดภาระการทำงานของกล้ามเนื้อในช่วงการลงสู่พื้น ขณะการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ โดยที่ไม่ลดความหนักในขณะช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น กล้ามเนื้อทำงานแบบหดตัวความยาวลดลง และช่วยเสริมให้นักกีฬาสามารถแสดงพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้นได้มากขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

ฮัมฟรีส์ และคณะ (Humphries et al., 1995) ได้ทำการศึกษาผลของอุปกรณ์เบรกในการลดแรงกระแทกขณะลงสู่พื้นในการฝึกพลัยโอเมตริก กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ทำการทดลองกระโดดให้สูงที่สุด ขณะแบกน้ำหนักด้วยความหนักบาร์เบล 10 กิโลกรัม โดยใช้อุปกรณ์เบรกและไม่ใช้อุปกรณ์เบรก กลุ่มการทดลองกระโดดแบบมีแรงเบรกใช้การตั้งค่าอุปกรณ์แรงเบรกที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวรวมกับน้ำหนักของคาน เก็บข้อมูลค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) ด้วยแผ่นวัดแรง (Kistler forceplate) เป็นเวลา 5.5 วินาที ที่ความถี่ 550 ค่าต่อวินาที นำค่าที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก ค่าแรงสูงสุด และค่าแรงดล (Impulse) ขณะลงสู่พื้น

ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มการทดลองกระโดดแบบมีแรงเบรกค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงสุดมีค่าลดลง 155 เปอร์เซ็นต์ และค่าแรงดลขณะลงสู่พื้นมีค่าลดลง 200 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากกลุ่มการทดลองกระโดดแบบไม่มีแรงเบรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลของค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซ็นตริก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้และไม่ใช้แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก กลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 20 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 10 คน โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้แรงเบรก และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบไม่ใช้แรงเบรก ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ การตั้งค่าแรงเบรกในกลุ่มที่ 1 คำนวณจากน้ำหนักคานคูณกับค่าแรงโน้มถ่วงโลก (แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 100 เปอร์เซ็นต์) ยกตัวอย่างเช่น ถ้ากลุ่มตัวอย่างใช้น้ำหนักในการฝึก 50 กิโลกรัม แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกเท่ากับ 490.5 นิวตัน(50 x 9.81) ทำการทดสอบการกระโดดสูงสุด การยืนกระโดดสูงย่อเข่าแล้วกระโดดขึ้นทันที การยืนกระโดดสูงย่อเข่าค้างไว้แล้วกระโดด การกระโดดจากที่สูง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในท่านั่งย่อเข่า 90 องศา การแบกน้ำหนักกระโดด และการทดสอบไอโซเมตริก/ไอโซคิเนติก ท่านั่งเหยียด/งอเข่าในความเร็วและตำแหน่งต่างกันก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองกลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบไม่ใช้แรงเบรกมีค่าทอร์คสูงสุด ในการทดสอบท่านั่งงอเข่า 300 องศาต่อวินาที เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แตกต่างกับกลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้แรงเบรกที่หลังการทดลองมีค่าพลังกล้ามเนื้อสัมพัทธ์สูงสุด ในการทดสอบแบกน้ำหนักกระโดด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงสรุปได้ว่าพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวช้า จะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้แรงเบรก และพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวเร็ว จะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบไม่ใช้แรงเบรก

ข้อดีของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นติก

1. แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกสามารถช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะการแบกน้ำหนักกระโดดได้

2. ระดับของค่าแรงเบรกในช่วงการลงสู่พื้นที่ต่างกันมีผลต่อการทำงาน และการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุดต่างกัน

ข้อเสียของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นติก

1. การใช้แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกช่วยลดแรง ขณะช่วงสู่พื้นมากเกินไป ส่งผลให้กล้ามเนื้อที่ทำงานแบบหดตัวความยาวเพิ่มขึ้น ไม่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ จากการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

2. ยังไม่มีการศึกษาถึงผลของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับแตกต่างกัน ว่าจะส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อของนักกีฬาแตกต่างกันอย่างไร จึงทำให้ยังไม่สามารถหาระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่เหมาะสม เพื่อสำหรับการนำไปใช้ร่วมกับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดได้ดีที่สุด

แนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบเอ็คเซ็นติก

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

ชมิทไบลเซอร์ (Schmidtbleicher, 1992) ได้เสนอแบบฝึกเอ็คเซ็นตริกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง ความหนัก 110-150 ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึก 5 ครั้ง
จำนวนชุด 3 ชุด ระยะเวลาพัก 3 นาที

บอมพา (Bompa, 1999) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับหลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกว่า นักกีฬาควรมีการฝึกความแข็งแรงอย่างน้อย 3-5 ปี และในการฝึกนักกีฬาไม่ควรฝึกคนเดียว ควรมีผู้ฝึกสอนคอยดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะใช้น้ำหนักในการฝึกที่มาก เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ในการฝึก และสิ่งที่สำคัญ คือ ผู้ฝึกสอนควรเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้านตรงข้ามกับที่ฝึกโปรแกรมเอ็คเซ็นตริกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของนักกีฬา บอมพาได้เสนอรูปแบบโปรแกรมเอ็คเซ็นตริกดังนี้

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

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

อาภานุกูล และอินทิราภรณ์ (Apanukul and Intiraporn, 2009) ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ในนักกีฬาเทนนิสชาย โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องคอนเซ็นตริก ด้วยความหนัก 90% ของหนึ่งอาร์เอ็มแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบ

เอ็คเซ็นตริก ด้วยความหนัก120% ของหนึ่งอาร์เอ็มแบบคอนเซ็นตริก ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าการกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ก่อนการทดลองกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่หลังการทดลองสัปดาห์ที่8 กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก และกลุ่มที่ฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกต่อเนื่องกับคอนเซ็นตริก มีความเร็วไม่แตกต่างกัน

สรุปว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาเทนนิสชายจริง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

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

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

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

ผลปรากฏว่ากลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) มีความแข็งแรงมากกว่า กลุ่มคอน (Grp CON) และพบว่า ทั้งกลุ่มคอน (Grp CON) และกลุ่มเอ็คคอน(Grp ECCON) มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Slow-twitch) 7 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มเอ็คคอน (Grp ECCON) มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (Fast-twitch) แต่ในกลุ่มคอน(Grp CON) ไม่มีการเพิ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว

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

1. ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2. ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

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

ฮอฟแมน และคณะ (Hoffman et al., 2005) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยเปรียบเทียบการฝึกจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวเพิ่มขึ้น ในระยะเวลา 5 สัปดาห์ ในนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกด้วยแรงต้าน ขณะนอกโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬา ฟุตบอลระดับวิทยาลัย เพศชาย จำนวน 47 คน ทำการสุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบปกติ กลุ่มที่ 2 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยวิธีการฝึกแต่การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความสูงในการกระโดด ความเร็ว 40 เมตร และความคล่องตัว ก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มในการทดสอบความสูงในการกระโดด ความเร็ว 40 เมตร และความคล่องตัว แต่แตกต่างกันในค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มที่ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบปกติ และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบปกติที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก

และเอ็คเซ็นตริก ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของนักกีฬาฟุตบอลในช่วงนอกโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านระยะสั้นได้

สรุปแนวความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบเอ็คเซ็นติก

การฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก จำเป็นที่จะต้องใช้ความหนักในการฝึกที่ระดับเกินกว่า 100% ของหนึ่งอาร์เอ็มแบบคอนเซ็นตริก จึงจะส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬา อีกทั้งยังพบว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับคอนเซ็นตริกนั้น สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการฝึกแบบคอนเซ็นตริกเพียงอย่างเดียว

วิธีการหาพลังกล้ามเนื้อในการแบกน้ำหนักกระโดด

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงน้ำหนักที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการฝึกพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งวิธีการหาค่าพลังกล้ามเนื้อนั้น เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อผลการทดลองที่ทำให้เกิดความแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาถึงวิธีการหาค่าพลังกล้ามเนื้อที่แม่นตรง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาโปรแกรมการฝึกซ้อม และประเมินความสามารถของนักกีฬา

ดูเก้น และคณะ (Dugan et al., 2004) ได้รายงานถึงวิธีการหาค่าพลังกล้ามเนื้อจากการศึกษาที่ผ่านมาไว้ทั้งหมด 4 วิธี ดังนี้

1. คำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบล (Barbell displacement) และน้ำหนักตัวรวมบาร์เบล
2. คำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบลและน้ำหนักบาร์เบล
3. คำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นและน้ำหนักตัวรวมบาร์เบล
4. คำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบลและค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น

พบว่าการการคำนวณค่าการกระจัดของบาร์เบลและค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นมีความน่าเชื่อถือ และแม่นตรงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของโฮริ และคณะ (Hori et al., 2006)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

อลีเมนี และคณะ (Alemany et al., 2005) ได้นำเสนอวิธีการหาค่าพลังกล้ามเนื้อ เป็นการประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของร่างกาย ไม่ใช่เกิดจากการเรียนรู้ ในขณะร่างกายใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยใช้ฟอสฟาเจน และแอนแอโรบิก กลัยโคลัยซิส ใช้วิธีการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม พบว่าค่าพลังกล้ามเนื้อที่ได้มีความน่าเชื่อถือในระดับสูง

โฮริ และคณะ (Hori et al., 2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการในการหาค่าพลังการเนื้อในการแบกน้ำหนักกระโดด ตามวิธีของดูเก้น และคณะ (Dugan et al., 2004) ทั้งหมด 4 วิธี พบว่า

1. วิธีการคำนวณค่าพลังกล้ามเนื้อจากค่าการกระจัดของบาร์เบล (Barbell displacement) และน้ำหนักตัวรวมกับบาร์เบล และวิธีการคำนวณค่าพลังกล้ามเนื้อจากค่าการกระจัดของบาร์เบล และน้ำหนักของบาร์เบลนั้น สามารถคำนวณค่าพลังกล้ามเนื้อได้โดยวิธีการคำนวณแบบย้อนกลับ (Inverse dynamic) ซึ่งค่าพลังกล้ามเนื้อที่ได้มีความแม่นตรง แต่ค่าแรงของกล้ามเนื้อไม่มีความแม่นตรงเพียงพอที่จะใช้ในงานวิจัย เนื่องจากไม่ได้มีการวัดโดยตรงจากแท่นวัดแรง (Force plate)

2. วิธีการคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นและน้ำหนักตัวรวมบาร์เบล สามารถคำนวณค่าพลังกล้ามเนื้อได้โดยวิธีการคำนวณแบบล่วงหน้า (Forward dynamic) ค่าที่พลังกล้ามเนื้อที่ได้มีความแม่นตรง แต่ค่าการกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนไหวไม่มีความแม่นตรงเพียงพอ เนื่องจากไม่ได้มีการวัดโดยตรงจากเซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (Position transducer)

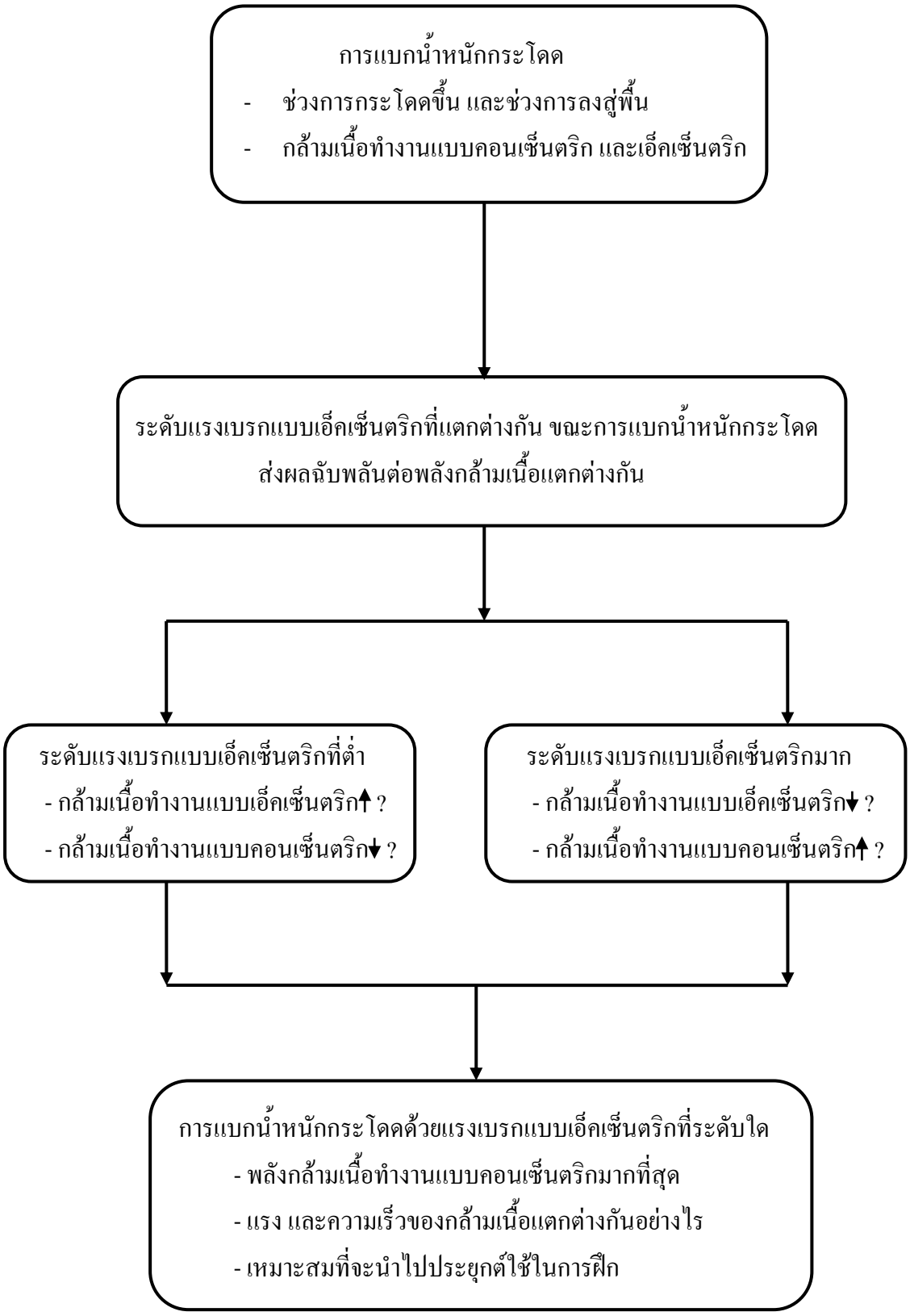
3. วิธีการคำนวณจากค่าการกระจัดของบาร์เบลและค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น เป็นวิธีการคำนวณหาค่าพลังกล้ามเนื้อที่ได้จากการวัดโดยตรงทั้ง 2 ค่า คือ ค่าความเร็วที่ได้จากการคำนวณค่าความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของบาร์เบล และค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่ได้จากแท่นวัดแรง ดังนั้นค่าความเร็ว แรง และพลังกล้ามเนื้อ จึงมีความแม่นตรงกับการใช้วัดพลังกล้ามเนื้อในท่าแบกน้ำหนักกระโดด แต่ไม่เหมาะกับท่าการยกน้ำหนักอื่นๆ ที่มีการเคลื่อนที่หลายทิศทาง

ไล และคณะ (Li et al., 2008) ได้ศึกษาเรื่อง การนำเสนอวิธีกำหนดค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในขณะแบกน้ำหนักกระโดด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดวิธีหาค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในขณะแบกน้ำหนักกระโดด โดยใช้วิธีคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นในแนวดิ่งกับค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของผู้รับการทดลอง และโอลิมปิกบาร์เบลเป็นวิธีหลัก เปรียบเทียบกับอีก 3 วิธีที่เหลือตามวิธีของดูเก้น และคณะ (Dugan et al., 2004) กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 15 คน ทำการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 35 40 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในขณะการแบกน้ำหนักกระโดดที่คำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นในแนวดิ่งกับค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบลเพียงอย่างเดียว มีค่าต่ำกว่าวิธีหลักที่กำหนด ถึง 72 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่คำนวณจากค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบล และค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นในแนวดิ่ง มีค่าสูงกว่าวิธีที่กำหนด 8 เปอร์เซ็นต์

จึงสรุปได้ว่าวิธีกำหนดค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในขณะการแบกน้ำหนักกระโดด ควรใช้วิธีคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งกับค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของผู้รับการทดลอง และค่าความเร็วของโอลิมปิกบาร์เบล จะทำให้ได้ค่าพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อที่แม่นตรง

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง ซึ่งขั้นตอนในการวิจัยได้ผ่านการพิจารณา โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA No. 165/2554 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 18 คน จากค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 ค่าขนาดของผล (Effect size) ที่ 0.4 และค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ.05 ตามตารางของโคเฮน (Cohen, 1988) มีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ในท่าควอเตอร์สควอท ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งผู้วิจัยเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างโดยการแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา รวมทั้งได้ทำการติดต่อประสานกับหัวหน้าผู้ฝึกสอนด้วยตนเอง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 18-22 ปี
2. กลุ่มตัวอย่างมีความแข็งแรงสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 2.0 ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวเข่าทำมุม 135 องศา แล้วดันตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง (Quarter squat)
3. กลุ่มตัวอย่างไม่มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมตามปกติ
4. กลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนักไม่ต่ำกว่า 2 ปี

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างมีการใช้ยา หรือสารกระตุ้นที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ
2. กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามแบบแผนการวิจัยที่กำหนด หรือเกิดอาการบาดเจ็บจากการวิจัย

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์บาร์ป้องกัน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ จากความผิดพลาดทางด้านเทคนิคขณะการแบกน้ำหนักกระโดด และแรงกดของน้ำหนักขณะลงสู่พื้น หากเกิดอาการบาดเจ็บจากการทดลอง จะได้รับการช่วยเหลือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการออกค่ารักษาพยาบาลทั้งหมด

ผู้วิจัยจะมอบค่าตอบแทน สำหรับการเดินทางมาทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ และดำเนินการทดลอง ทั้งหมด 5 ครั้งๆละ 100 บาท ที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งเตรียมน้ำดื่ม และอาหารว่างให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยในแต่ละครั้งด้วย

ผู้วิจัยได้มีการวางแผน ประสานงานติดต่อกับหัวหน้าผู้ฝึกสอน ในเรื่องของช่วงเวลาตามแผนดำเนินการวิจัย เพื่อหลีกเลี่ยงโปรแกรมการแข่งขัน และผลกระทบจากโปรแกรมการฝึกซ้อมให้น้อยที่สุด รวมทั้งขอความร่วมมือ ทำความเข้าใจกับผู้ฝึกสอน และผู้เข้าร่วมการวิจัยถึงความสำคัญ และประโยชน์ของการวิจัยนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. วิธีการคิดระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ประกอบด้วย

- วิธีการคิดของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ที่ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

2. เครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) ประเทศออสเตรเลีย ใช้เป็นเครื่องมือลดแรง ในช่วงการลงสู่พื้นของการแบกน้ำหนักกระโดดระหว่างการทดลอง

3. เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ประเทศออสเตรเลีย ใช้เป็นเครื่องมือในการทดลองเก็บข้อมูลตัวแปรตาม ประกอบด้วย

- พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak power) มีหน่วยเป็นวัตต์
- พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak power) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม
- แรงกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak force) มีหน่วยเป็นนิวตัน
- แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak force) มีหน่วยเป็นนิวตันต่อกิโลกรัม
- ความเร็วสูงสุด (Peak velocity) มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

4. แท่นวัดแรง รุ่น 400S (400 series force plate) ประเทศออสเตรเลีย 200 Hz
5. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดไขมัน (Tanita Model : UM-052) ประเทศญี่ปุ่น
6. เครื่องวัดส่วนสูง (Height)

7. จักรยานวัดงาน รุ่น 894E (Monark Ergometer) ประเทศสวีเดน ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอบอุ่นร่างกายก่อนการทดลอง

8. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น Team2 pro ประเทศฟินแลนด์ ใช้สำหรับประเมินถึงความพยายามในการออกแรงของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการทดลอง

9. โอลิมปิกบาร์เบลและแผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ประเทศสวีเดน

10. แบบบันทึกประวัติและข้อมูลก่อนการทดลองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

11. แบบบันทึกผลการทดลอง

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบการทดลองหมุนเวียนสมดุล “Counterbalance design” (Best and Khan, 1986) โดยจัดกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 5 คน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 4 คน 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) และกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับการทดลองทุกสภาวะทั้ง 4 สภาวะ

ตารางที่ 1 แบบการทดลองที่ใช้ในการวิจัย

สภาวะ / รอบ	X_1	X_2	X_3	X_4
1	A	B	C	D
2	B	C	D	A
3	C	D	A	B
4	D	A	B	C

A,……..,D = กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มๆ ละ 5 คน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 4 คน 2 กลุ่ม

X_1 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_2 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_3 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_4 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนก่อนการทดลอง

1.1. ผู้วิจัยทำการติดต่อขอใช้สถานที่ และเครื่องมือที่ห้องทดสอบสมรรถภาพทางกาย และศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก เก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป โดยการชั่งน้ำหนัก วัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน และส่วนสูง พร้อมอธิบายรายละเอียดขั้นตอนของวิธีปฏิบัติในการดำเนินการทดลองด้วยตัวเอง

1.3. ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง ออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 5 คน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 4 คน 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) รวมทั้งลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

1.4. กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่ใช้ โดยให้ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยวิธีการปั่นจักรยานวัดงาน เป็นเวลา 5 นาที 105 วัตต์ 60 รอบต่อนาที พักประมาณ 2 นาทีหรือนานเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ พักระหว่างชุดไม่ต่ำกว่า 2 นาทีหรือเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002) ค่าอัตราการเต้นของหัวใจต้องไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ขั้นตอนทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 30 นาที

1.5. ผู้วิจัยคำนวณระดับแรงเบรกที่ใช้ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ทั้งหมดคนละ 4 ระดับ

2. ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

2.1. กลุ่มตัวอย่างทำการชั่งน้ำหนัก และอบอุ่นร่างกายด้วยวิธีการปั่นจักรยานวัดงาน เป็นเวลา 5 นาที 105 วัตต์ 60 รอบต่อนาที พักประมาณ 2 นาทีหรือนานเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002)

2.2. กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับเลือกสภาวะการทดลองจากการสุ่มอย่างง่าย และดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองหมุนเวียน แบกน้ำหนักกระโดดตามสภาวะที่ได้รับเลือกจำนวน 6 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด ค่าอัตราการเต้นของหัวใจต้องไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด พักระหว่างชุดไม่ต่ำกว่า 2 นาทีหรือเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 4 สภาวะ ตามแบบแผนการทดลอง และโปรแกรมการทดลอง

2.3. กลุ่มตัวอย่างทุกคน ต้องได้รับการทดลองครบทั้ง 4 สภาวะ โดยแต่ละสภาวะการทดลองจะต้องห่างกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และใช้เวลาในแต่ละครั้งประมาณ 20 นาที

2.4. นำข้อมูลที่ได้จากการแบกน้ำหนักกระโดดในชุดที่ได้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของทุกสภาวะการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและสรุปผลการทดลอง

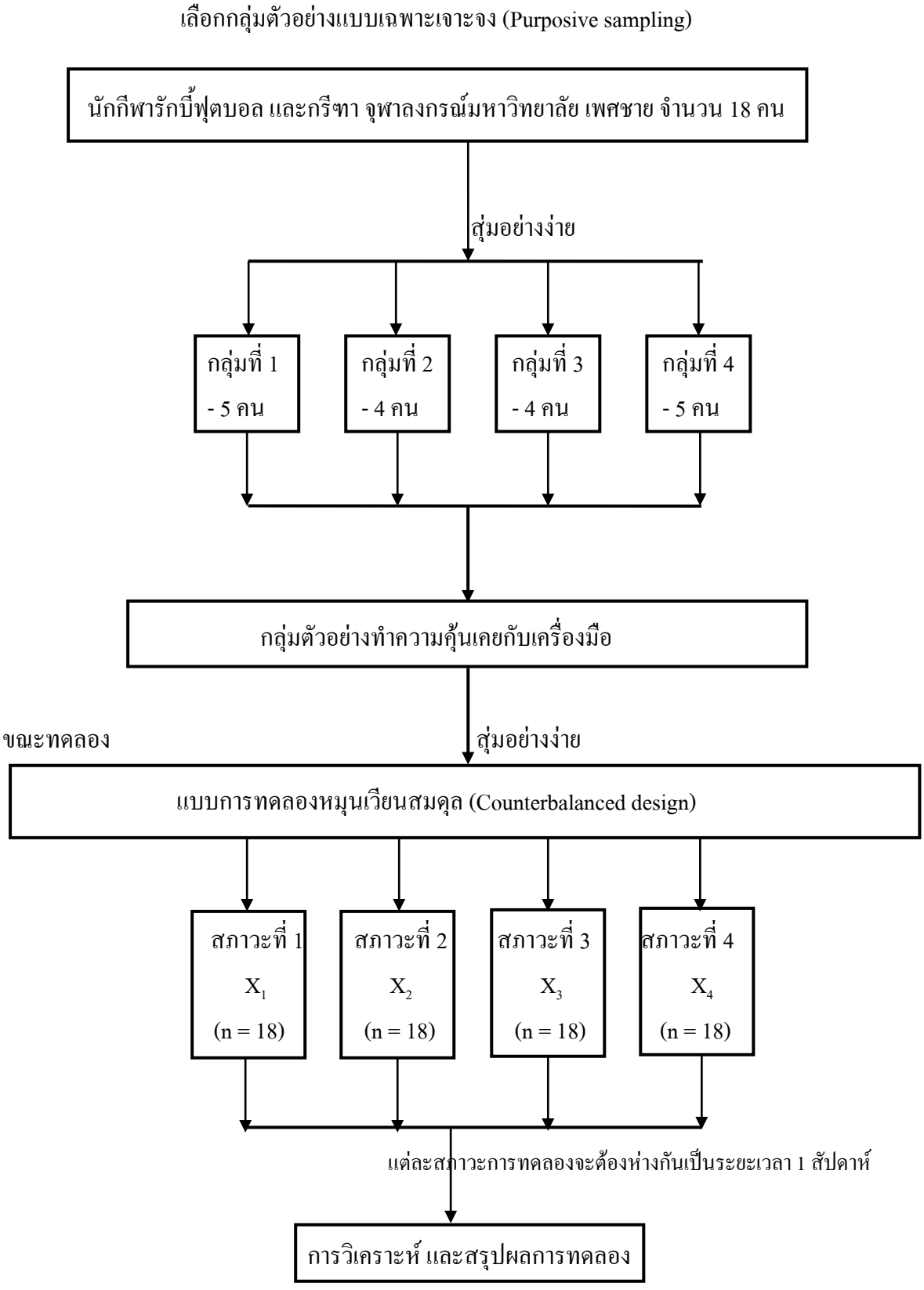
การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการแบกน้ำหนักกระโดดครั้งที่ 2-6 ในชุดที่ได้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของทุกสภาวะการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความแข็งแรงสัมพัทธ์ ก่อนการทดลอง

2. วิเคราะห์ผลของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น และลงสู่พื้น ระหว่างระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันทีละค่า โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนขั้นตอนการวิจัย



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป และค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ก่อนการทดลอง รวมทั้งค่าพลังกล้ามเนื้อ แรงกล้ามเนื้อ และความเร็ว ในช่วงการกระโดดขึ้น และการลงสู่พื้น ระหว่างการทดลองจากการแบกน้ำหนักกระโดด นำค่าในชุดที่ได้พลังกล้ามเนื้อสูงสุดของแต่ละระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก มาวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติ แล้วจึงนำเสนอผลในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD)

ตอนที่ 3 กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป และค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป และค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง

คุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย	$\bar{X}$ (n = 18)	S.D.
อายุ (18 - 22 ปี)	19.90	1.15
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	74.24	13.07
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.67	5.34
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	18.29	5.65
ความแข็งแรงสัมพัทธ์	2.31	0.31

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของผู้เข้าร่วมวิจัยเท่ากับ 19.90 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.15 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 74.24 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.07 ค่าเฉลี่ยส่วนสูงเท่ากับ 174.67 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.34 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 18.29 % ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.65 และค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 2.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ตัวแปร	ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก (เปอร์เซ็นต์)							
	0		30		60		90	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (วัตต์)	4529.3	590.40	4501.8	491.70	4590.9	528.29	4549.9	506.98
พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	61.66	9.612	61.54	9.547	62.90	10.15	62.37	10.16
แรงกล้ามเนื้อสูงสุด (นิวตัน)	2407.1	313.71	2385.5	330.54	2424.1	293.52	2365.1	280.68
แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (นิวตันต่อกิโลกรัม)	32.53	3.564	32.24	3.181	32.94	3.494	32.17	3.672
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	2.105	0.19	2.155	0.19	2.162	0.20	2.179	0.19

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4529.3 ± 590.40 วัตต์ 4501.8 ± 491.70 วัตต์ 4590.9 ± 528.29 วัตต์ และ 4549.9 ± 506.98 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 61.66 ± 9.612 วัตต์ต่อกิโลกรัม 61.54 ± 9.547 วัตต์ต่อกิโลกรัม 62.90 ± 10.15 วัตต์ต่อกิโลกรัม และ 62.37 ± 10.16 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 2407.1 ± 313.71 นิวตัน 2385.5 ± 330.54 นิวตัน 2424.1 ± 293.52 นิวตัน และ 2365.1 ± 280.68 นิวตัน ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 32.53 ± 3.564 นิวตันต่อกิโลกรัม 32.24 ± 3.181 นิวตันต่อกิโลกรัม 32.94 ± 3.494 นิวตันต่อกิโลกรัม และ 32.17 ± 3.672 นิวตันต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 2.105 ± 0.19 เมตรต่อวินาที 2.155 ± 0.19 เมตรต่อวินาที 2.162 ± 0.20 เมตรต่อวินาที และ 2.179 ± 0.19 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	76014.708	3	25338.236	0.641	0.592
ความคลาดเคลื่อน	2014917.219	51	39508.181		
ระหว่างสมาชิก	17135124.579	17	1007948.505		
รวม	19226056.506	71			

$p > .05$

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .592$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	21.904	3	7.301	1.193	0.322
ความคลาดเคลื่อน	312.170	51	6.121		
ระหว่างสมาชิก	6315.970	17	371.528		
รวม	6650.044	71			

$p > .05$

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .322$)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	35658.924	3	11886.308	0.965	0.416
ความคลาดเคลื่อน	627915.284	51	12312.064		
ระหว่างสมาชิก	5706296.389	17	335664.493		
รวม	6369870.597	71			

$p > .05$

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .416$)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	6.589	3	2.196	0.870	0.463
ความคลาดเคลื่อน	128.811	51	2.526		
ระหว่างสมาชิก	695.878	17	40.934		
รวม	831.278	71			

$p > .05$

จากตารางที่ 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .463$)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	0.054	3	0.018	4.726	0.006*
ความคลาดเคลื่อน	0.194	51	0.004		
ระหว่างสมาชิก	2.353	17	0.138		
รวม	2.601	71			

*p < .05

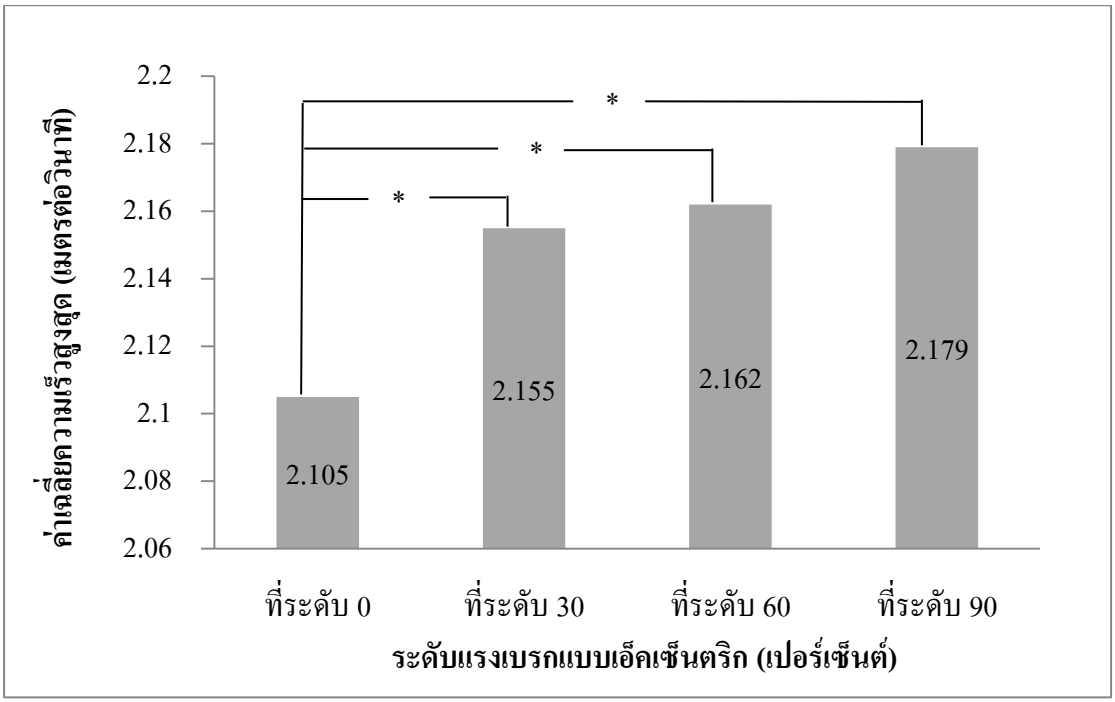
จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .006)

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ระดับแรงเบรก		ที่ระดับ 0	ที่ระดับ 30	ที่ระดับ 60	ที่ระดับ 90
แบบเอ็คเซ็นตริก	$\bar{X}$	2.105	2.155	2.162	2.179
ที่ระดับ 0	2.105	-	-0.050*	-0.056*	-0.073*
ที่ระดับ 30	2.155		-	-0.006	-0.023
ที่ระดับ 60	2.162			-	-0.017
ที่ระดับ 90	2.179				-

*p < .05

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 และแผนภูมิที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 และ 90 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ตัวแปร	ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก (เปอร์เซ็นต์)							
	0		30		60		90	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (วัตต์)	5996.0	950.23	5544.0	1061.2	5308.2	1261.0	4464.3	964.96
พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	82.56	19.71	76.69	20.74	72.98	20.92	62.87	21.88
แรงกล้ามเนื้อสูงสุด (นิวตัน)	3398.8	553.91	3149.1	501.10	3075.8	509.95	2612.1	410.01
แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ (นิวตันต่อกิโลกรัม)	46.29	8.782	43.12	9.032	41.88	7.415	36.20	8.943
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	1.987	0.17	1.963	0.18	1.963	0.20	1.923	0.19

จากตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 5996.0 ± 950.23 วัตต์ 5544.0 ± 1061.2 วัตต์ 5308.2 ± 1261.0 วัตต์ และ 4464.3 ± 964.96 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 82.56 ± 19.71 วัตต์ต่อกิโลกรัม 76.69 ± 20.74 วัตต์ต่อกิโลกรัม 72.98 ± 20.92 วัตต์ต่อกิโลกรัม และ 62.87 ± 21.88 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 3398.8 ± 553.91 นิวตัน 3149.1 ± 501.10 นิวตัน 3075.8 ± 509.95 นิวตัน และ 2612.1 ± 410.01 นิวตัน ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 46.29 ± 8.782 นิวตันต่อกิโลกรัม 43.12 ± 9.032 นิวตันต่อกิโลกรัม 41.88 ± 7.415 นิวตันต่อกิโลกรัม และ 36.20 ± 8.943 นิวตันต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 1.987 ± 0.17 เมตรต่อวินาที 1.963 ± 0.18 เมตรต่อวินาที 1.963 ± 0.20 เมตรต่อวินาที และ 1.923 ± 0.19 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	22305469.404	3	7435156.468	13.154	0.000*
ความคลาดเคลื่อน	28826781.479	51	565231.009		
ระหว่างสมาชิก	48530589.306	17	2854740.547		
รวม	99662840.189	71			

*p < .05

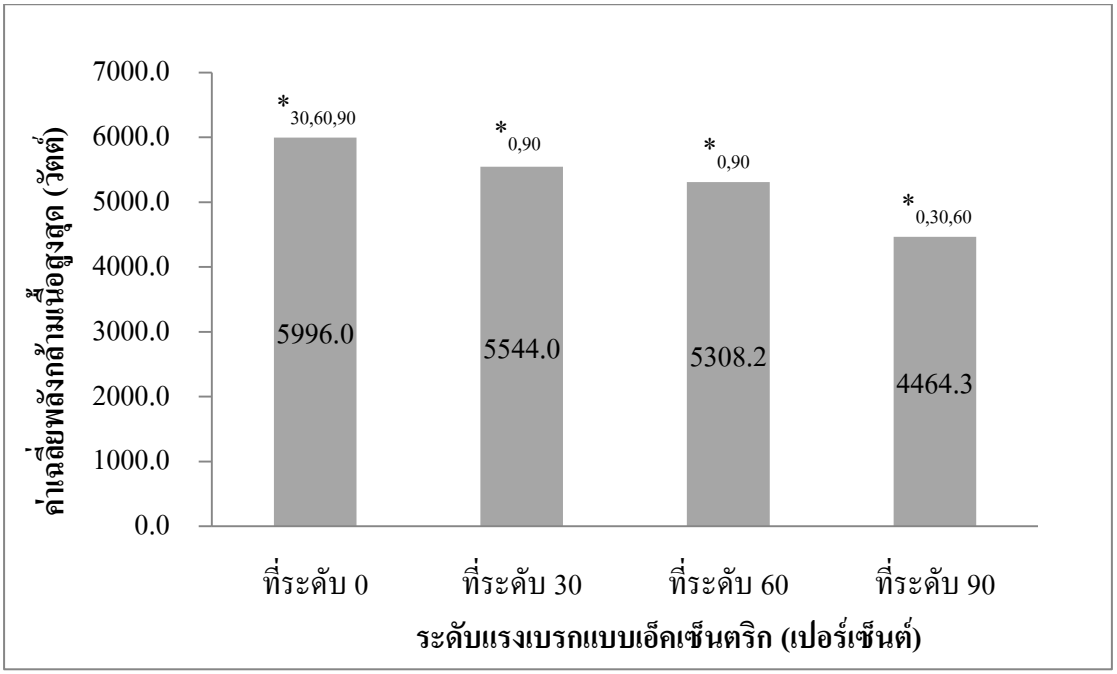
จากตารางที่ 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก	$\bar{X}$	ที่ระดับ 0 5996.0	ที่ระดับ 30 5544.0	ที่ระดับ 60 5308.2	ที่ระดับ 90 4464.3
ที่ระดับ 0	5996.0	-	452.00*	687.82*	1531.67*
ที่ระดับ 30	5544.0		-	235.82	1079.67*
ที่ระดับ 60	5308.2			-	843.85*
ที่ระดับ 90	4464.3				-

*p < .05

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 และแผนภูมิที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	3693.758	3	1231.253	11.235	0.000*
ความคลาดเคลื่อน	5589.084	51	109.590		
ระหว่างสมาชิก	23901.124	17	1405.948		
รวม	33183.966	71			

*p < .05

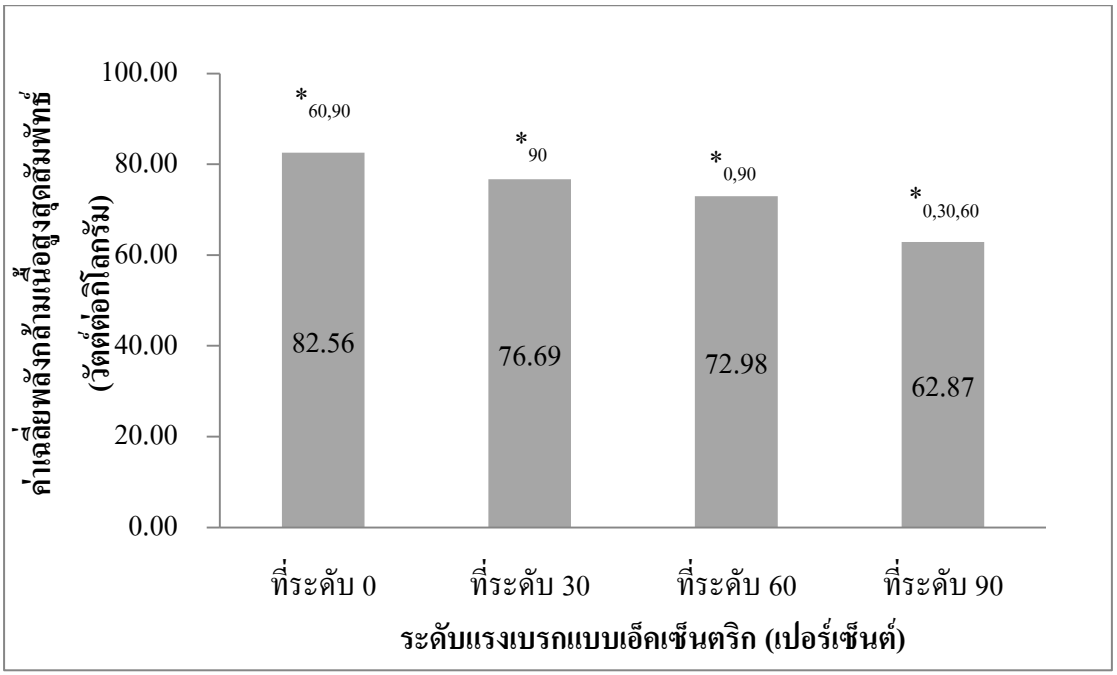
จากตารางที่ 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000)

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก	$\bar{X}$	ที่ระดับ 0 82.56	ที่ระดับ 30 76.69	ที่ระดับ 60 72.98	ที่ระดับ 90 62.87
ที่ระดับ 0	82.56	-	5.867	9.583*	19.688*
ที่ระดับ 30	76.69		-	3.716	13.821*
ที่ระดับ 60	72.98			-	10.106*
ที่ระดับ 90	62.87				-

*p < .05

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 14 และแผนภูมิที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	5823739.837	3	1941246.612	13.905	0.000*
ความคลาดเคลื่อน	7119835.985	51	139604.627		
ระหว่างสมาชิก	9643330.951	17	567254.762		
รวม	22586906.773	71			

*p < .05

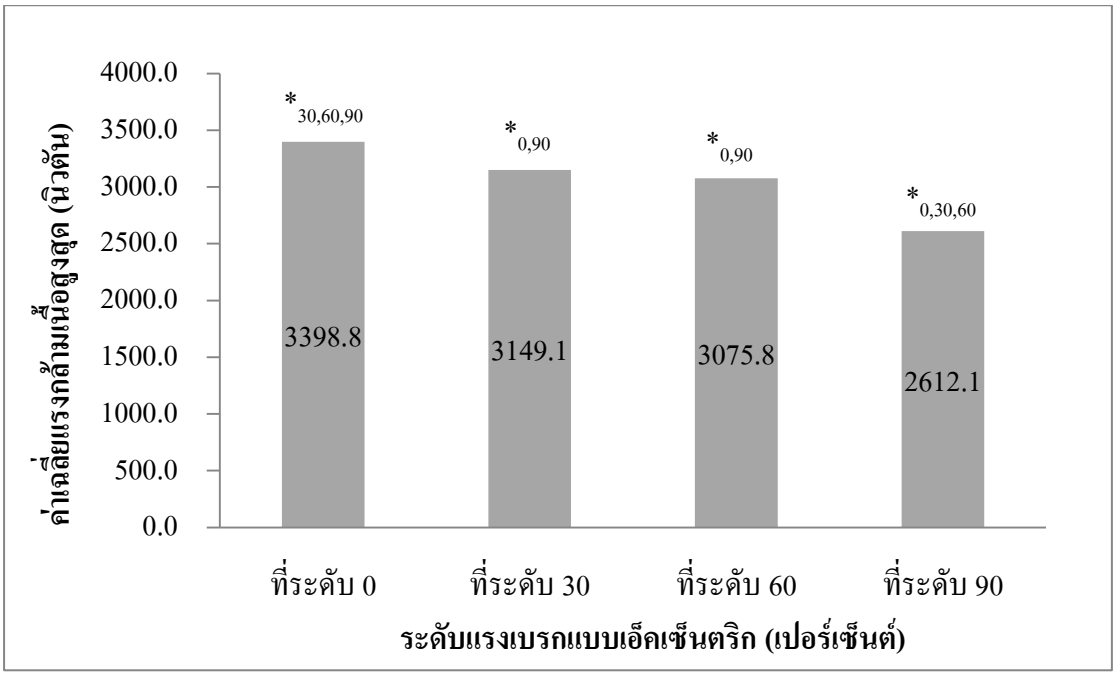
จากตารางที่ 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000)

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดเป็นรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก	$\bar{X}$	ที่ระดับ 0 3398.8	ที่ระดับ 30 3149.1	ที่ระดับ 60 3075.8	ที่ระดับ 90 2612.1
ที่ระดับ 0	3398.8	-	249.72*	322.97*	786.66*
ที่ระดับ 30	3149.1		-	73.25	536.93*
ที่ระดับ 60	3075.8			-	463.68*
ที่ระดับ 90	2612.1				-

*p < .05

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 16 และแผนภูมิที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	958.857	3	319.619	11.804	0.000*
ความคลาดเคลื่อน	1380.978	51	27.078		
ระหว่างสมาชิก	3610.829	17	212.402		
รวม	5950.664	71			

*p < .05

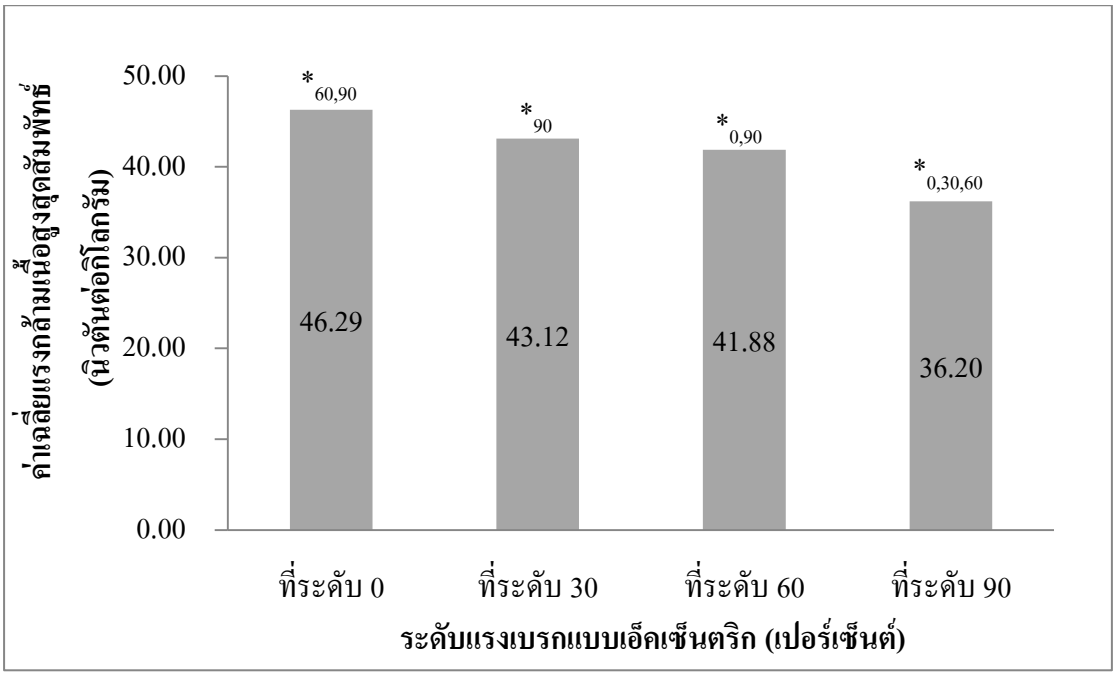
จากตารางที่ 17 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .000)

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD) ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

ระดับแรงเบรก		ที่ระดับ 0	ที่ระดับ 30	ที่ระดับ 60	ที่ระดับ 90
แบบเอ็คเซ็นตริก	$\bar{X}$	46.29	43.12	41.88	36.20
ที่ระดับ 0	46.29	-	3.179	4.412*	10.094*
ที่ระดับ 30	43.12		-	1.233	6.915*
ที่ระดับ 60	41.88			-	5.682*
ที่ระดับ 90	36.20				-

*p < .05

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 18 และแผนภูมิที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

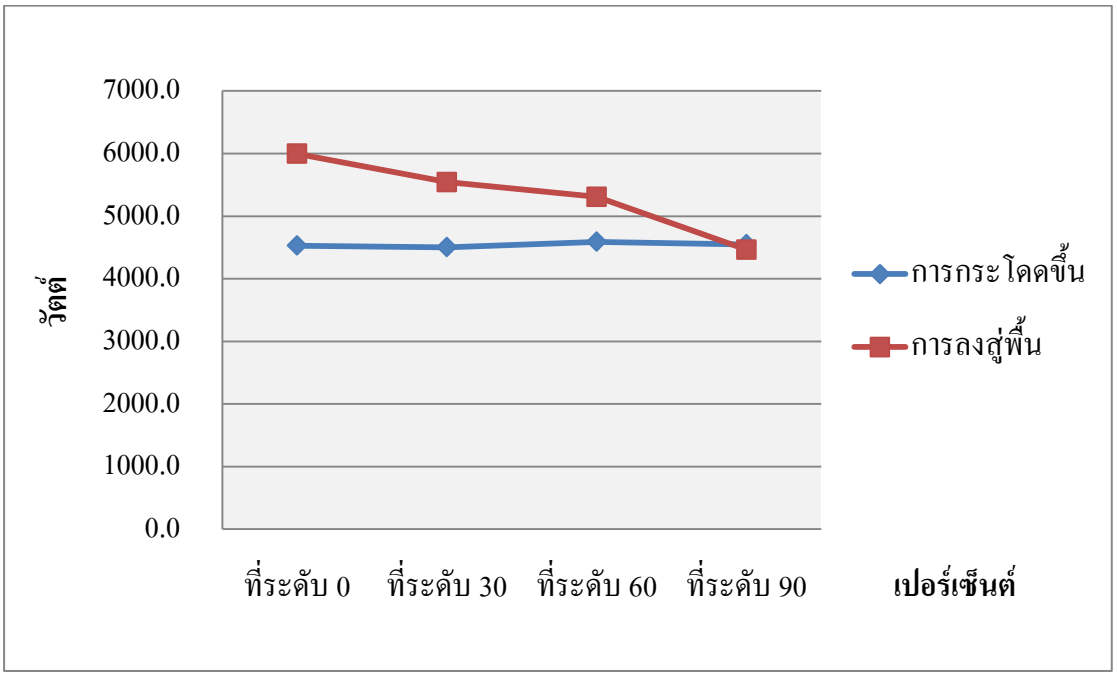
แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	ค่า F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างระดับแรงเบรก	0.037	3	0.012	1.864	0.147
ความคลาดเคลื่อน	0.341	51	0.007		
ระหว่างสมาชิก	1.962	17	0.115		
รวม	2.340	71			

$p > .05$

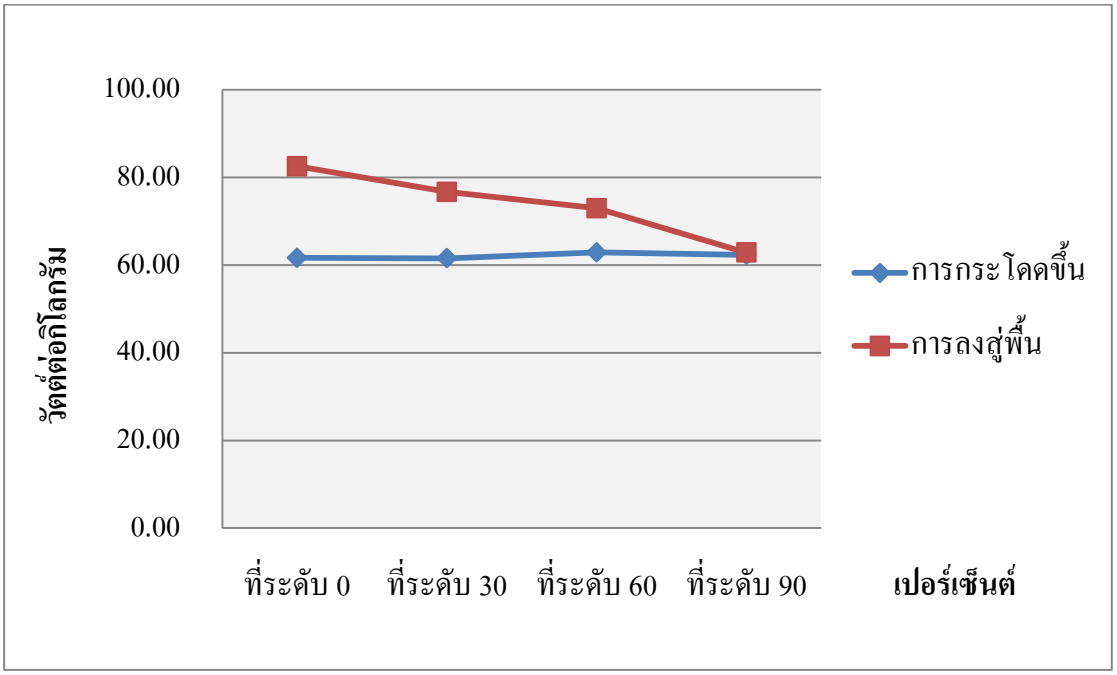
จากตารางที่ 19 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .147$)

ตอนที่ 3 กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้นขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์

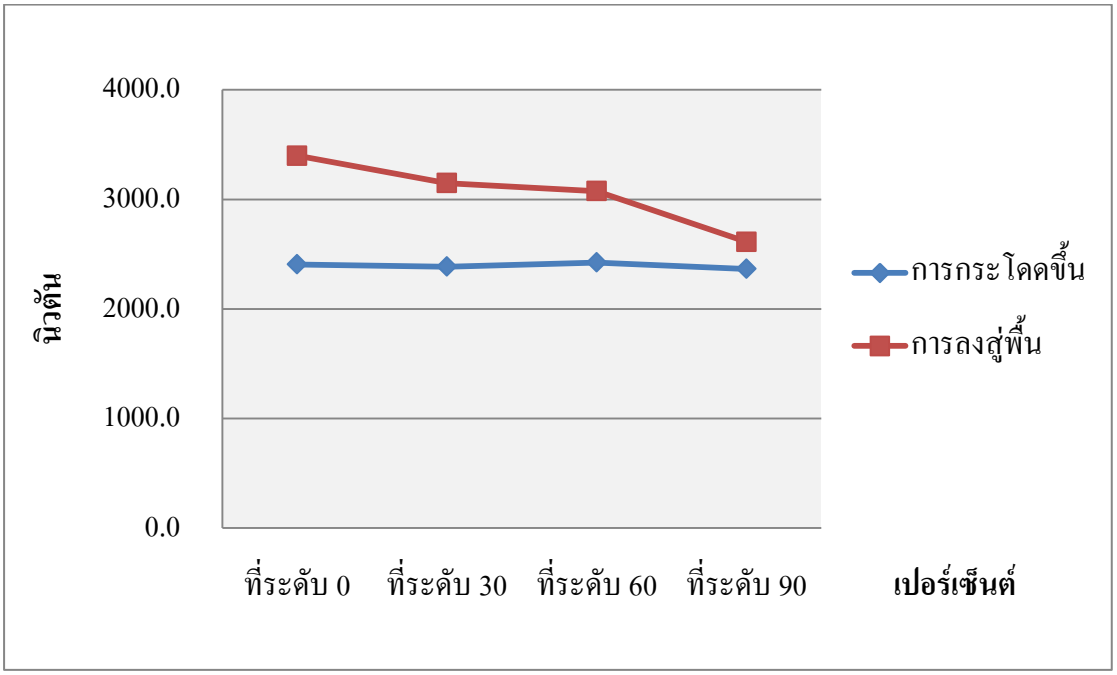
แผนภูมิที่ 6 กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้นขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



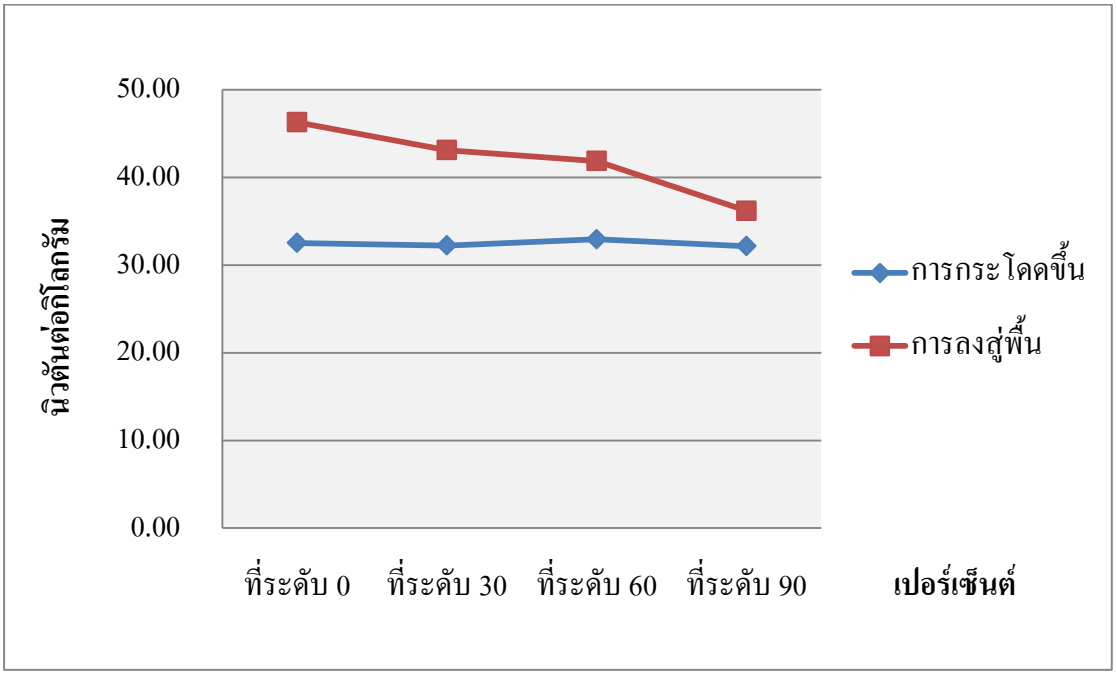
แผนภูมิที่ 7 กราฟแสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



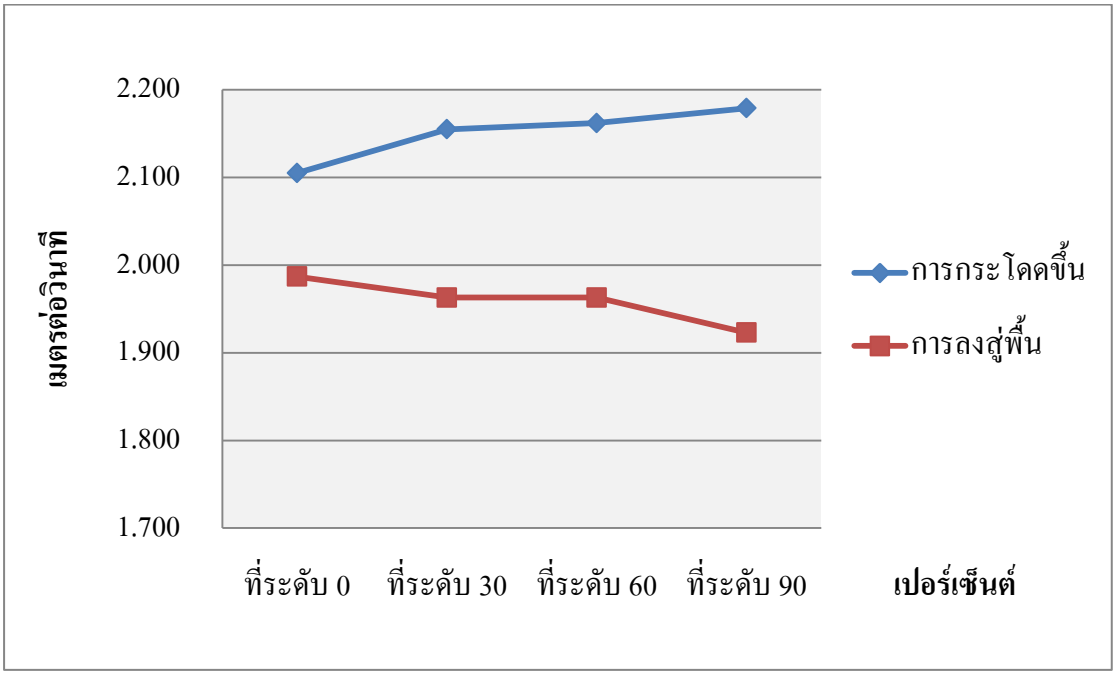
แผนภูมิที่ 8 กราฟแสดงค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 9 กราฟแสดงค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 10 กราฟแสดงค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล และกรีฑาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี เพศชาย จำนวน 18 คน จากค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 ค่าขนาดของผล (Effect size) ที่ 0.4 และค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ.05 ตามตารางของโคเฮน (Cohen, 1988) ทำการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยนักกีฬาจะต้องมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ในท่าควอเตอร์สควอท จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 5 คน 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการจับสลาก กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่ใช้ก่อนการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม จะได้รับเลือกสภาวะการทดลองจากการสุ่มอย่างง่าย และดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองหมุนเวียน (Counterbalance design) แบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามสภาวะที่ได้รับเลือก จำนวน 6 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด โดยแต่ละสภาวะการทดลองจะต้องห่างกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องได้รับการทดลองครบทั้ง 4 สภาวะ

นำข้อมูลที่ได้จากการแบกน้ำหนักกระโดดครั้งที่ 2-6 ในชุดที่ได้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดของทุกสภาวะการทดลอง มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ก่อนการทดลอง และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด แรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นและการลงสู่พื้น หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบแอลเอสดี (LSD)

ผลการวิจัยพบว่า

ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น

1. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ค่าความเร็วสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ค่าความเร็วสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ช่วงการลงสู่พื้น

1. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับ แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรก

แบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ และน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ค่าความเร็วสูงสุด ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า การแบกน้ำหนักกระโดดด้วยระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน จะมีผลฉับพลันทำให้พลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูงแตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดและพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ในช่วงการลงสู่พื้น มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงเป็นไปตามสมมติฐาน

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในช่วงการลงสู่พื้น พบว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และแรงกล้ามเนื้อสูงสุด แตกต่างกับระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) และระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน จะสามารถช่วยลดการทำงานของกล้ามเนื้อ ในช่วงการลงสู่พื้น เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีผลทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อ ในช่วงการกระโดดขึ้นมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ

ผลการวิจัยของ ฮัมฟรีย์ และคณะ (Humphries et al., 1995) ที่พบว่า แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกจะช่วยลดค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้นสูงสุด และค่าแรงดลในช่วงการลงสู่พื้น เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ โดยไม่ส่งผลทำให้ค่าแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ทำงานแบบคอนเซ็นตริกมีค่าแตกต่างกัน

2. เมื่อเปรียบเทียบค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วย แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเกิดจากผลของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้นที่พบว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดและผลการศึกษาของ แมคไบรท์ และคณะ (Mcbride et al., 2002) ที่พบว่า การฝึกโดยใช้ความหนักเบาจะมีการพัฒนาค่าความเร็วสูงสุด และพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในการทดสอบแบกน้ำหนักกระโดดและการทดสอบความเร็ว 20 เมตร มากกว่าการฝึกที่ใช้ความหนักสูง เนื่องจากการฝึกที่ความหนักสูงนักกีฬาต้องออกแรงกล้ามเนื้อรับน้ำหนักในช่วงการลงสู่พื้นมาก ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้ ที่ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงการลงสู่พื้น นักกีฬาจะต้องออกแรงถึง 46.29 เท่าของน้ำหนักตัว ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการออกแรงอย่างรวดเร็วในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้นลดลง ส่งผลทำให้การพัฒนาความเร็วน้อยกว่าการฝึกที่ใช้ความหนักเบา

3. เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด พลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ แรงกล้ามเนื้อสูงสุด และแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ในช่วงการลงสู่พื้น พบว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลความแตกต่างเกิดจากความสามารถของระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ที่มีการช่วยลดความหนัก ในช่วงการลงสู่พื้นมากเกินไป จึงทำให้วงจรยืดเหยียด-สั้น (Stretch-Shorten-Cycle) ลดลงส่งผลต่อการพัฒนาความเร็วในการออกแรง และพลังกล้ามเนื้อสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวช้า จะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบใช้แรงเบรก และพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวเร็ว จะพัฒนาได้ดีกว่าในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดแบบไม่ใช้แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก และพบว่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ในช่วงการลงสู่พื้น ที่ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่าช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้นที่ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกเดียวกัน ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อที่ทำงานในลักษณะการหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น

(Eccentric contraction) มีระดับความหนักในการฝึกไม่มากพอ ตามข้อเสนอแนะของ ชมิทไบลเซอร์ (Schmidtbleicher, 1992) และบอมพา (Bompa, 1999) ว่าหลักการฝึกแบบเอ็กเซ็นตริกต้องใช้ระดับความหนักที่มากกว่าการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ส่งผลให้การกระตุ้นเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อาภานุกูล และอินทิราภรณ์ (Apanukul and Intiraporn, 2009) ที่พบว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมีผลต่อการพัฒนาความเร็วและพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาเทนนิสชาย ตามแนวคิดของชู (Chu, 2004) ที่ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ความหนักในการฝึกระดับสูง จะเป็นการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวมาก (Type IIb) จึงทำให้ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อหรือพลังกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวเร็วเพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกแบกน้ำหนักกระโดด ได้ดีกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 และ 90 เปอร์เซ็นต์ เพราะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ ค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุด และค่าแรงกล้ามเนื้อสูงสุดสัมพัทธ์ในช่วงการลงสู่พื้น น้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเร็วสูงสุด ในช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อทำงานหดตัวแบบความยาวลดลง น้อยกว่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกแบกน้ำหนักกระโดด เพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ถึงแม้ว่าผลการวิจัยครั้งนี้ จะแสดงให้เห็นว่า แรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่เหมาะสมในการนำไปใช้ฝึกแบกน้ำหนักกระโดด คือ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้องคำนึงถึงข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของนักกีฬาด้วย เช่น นักกีฬามีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง ไม่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และความหนักที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ 30 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม

2. สามารถนำแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดให้สอดคล้องกับโปรแกรมการแข่งขันได้ เช่น การนำแรงเบรกที่ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์ ไปใช้ในช่วงเริ่มต้นของการฝึก เพื่อเตรียมระบบกล้ามเนื้อของนักกีฬาให้มีความพร้อมก่อนรับความหนักในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดที่ระดับแรงเบรก 60 และ 30 เปอร์เซ็นต์ต่อไป ช่วงระหว่างโปรแกรมการฝึกใช้แรงเบรกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้กล้ามเนื้อได้รับการฝึกอย่าง

เต็มที่ และสุดท้ายช่วงก่อนการแข่งขัน ใช้ระดับแรงเบรกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ เพื่อคงสภาพพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬา ให้มีความพร้อมที่จะใช้ในการแข่งขัน โดยลดโอกาสที่จะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บก่อนการแข่งขันอีกด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาถึงค่าอัตราการพัฒนาแรง หรือความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากภายในเวลาสั้น (Rate of force development) และค่าอัตราการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อหรือความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงระเบิดได้มากภายในเวลาสั้น (Rate of power development) ขณะแบกน้ำหนักกระโดดด้วยแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกเพิ่มเติม

2. ควรมีการศึกษาถึงค่าแรงดลในช่วง 50 มิลลิวินาทีแรก (Impulse for first 50 ms) ในช่วงการลงสู่พื้นเพิ่มเติม เพื่อหาระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่เหมาะสม ในการใช้ฝึกเพื่อพัฒนาและป้องการความเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บขึ้นได้อีกด้วย

3. ควรมีการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เพื่ออธิบายถึงลักษณะการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้น

4. ควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของค่าแรงกล้ามเนื้อ และความเร็ว ขณะเกิดพลังกล้ามเนื้อสูงสุด เพิ่มขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. **การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการพัฒนากำลังกล้ามเนื้อ,** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และจรูญ มีสิน. **ผลการฝึกด้วยน้ำหนักและพลัยโอเมตริกที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ เวลา และระยะทางในการเริ่มต้นออกว่ายน้ำของนักกีฬาว่าย**, รายงานการวิจัย ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

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

เอกลักษณ์ แสนสุข. **การเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, แขนงสาขาวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ภาษาอังกฤษ

Alemany, J.A., Pandorf, C.E., Montain, S.J., Castelani, J.W., Tuckow, A.P., and Nindl, B.C. Reliability assessment of ballistic jump Squats and bench throw. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 19(2005): 33-38.

Allerheiligen, W.b., and Roger , R. Plyometrics program design, part2. **National Strength and Conditioning Association Journal** (1995): 26 - 31.

Allerheiligen, W.b., and Roger , R. Plyometrics program design, part2. **National Strength and Conditioning Association Journal** (1995): 33 - 39.

Asmussen, F., and Bonde-Peterson, F. Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. **Acta Physiological Scandinavica.** 91(1974): 385-392.

Apanukul, S., and Intiraporn, C. The effects of eccentric training on leg muscular fitness in male tennis player. **Journal of Sports Science and Health.** 10(2009): 93-103.

Baechle, T.R., Earle, R.W., and Wathen, D. **Essentials of Strength Training and Condition.** 2nd ed. Champaign, IL: Human kinetic, 2000.

Baker, D. Acute and long – term power responses to power training: Observations on the training of an elite power athlete. **National Strength and Conditioning Assciation Journal.** 23(2001): 47 – 56.

Behm, D., and Sale. Intended rather than actual movement velocity determines velocity specific training response. **Journal of Applied Physiology.** 74(1993): 359 – 369.

Berger, R.A. Optimum repetitions for the development of strength. **Research Quarterly.** 33(1962): 334 – 339.

Bloomfield, J., Ackland, T.R., and Elliott, B.C. **Applied anatomy and biomechanics in Sport.** Melbourne: Black Well Scientific publication, 1994.

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

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

Chu, D.A. **Jumping Into Plyometric**. Champaign, IL: Leisure Press, 1992.

Chu, D.A. **Explosive power and strength.** Champaign, IL: Human kinetics, 1996.

Cohen, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences** (second edition), PP. 386. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc. Publishers, 1988.

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

Comstock, B.A., Solomon-Hill, G., Flanagan, S.D., Earp, J.E., Luk, H.Y., Dobbins, K.A., Dunn-Lewis, C., Fragala, M.S., Ho, J.Y., Hatfield, D.L., Vingren, J.L., Denegar, C.R., Volek, J.S., Kupchak, B.R., Maresh, C.M., and Kraemer, W.J. Validity of the myotest? In measuring force and power production in the squat and bench press. **Journal of Strength Conditioning Research.** 25(2011): 2293-2297.

Cormie, P., McGuigan, M.R., and Newton, R.U. Developing maximal neuromuscular power: Part 1 – biological basis of maximal power production. **Sports Medicine**. 41(2011): 17-38.

Cormie, P., McGuigan, M.R., and Newton, R.U. Developing maximal neuromuscular power: part 2 – training considerations for improving maximal power production. **Sports Medicine**. 41(2011): 125-146**.**

Dohoney, P., Chromiak, J.A., Lemire D., Abadie, B.R., and Kovac C. Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. **Journal of Exercise Physiology online.** 5(2002): 54-59.

Dugan, E.L., Doyle, T.L., Humphries, B., Hasson, C.J., Newton, R.U. Determining the optimal loading for jump squats: A review of methods and calculations. **Journal of Strength Conditioning Research**. 18(2004): 668-674**.**

Ebben, W.P., and Watts, P.B. A review of combined weight training and plometric training modes : complex. **National Strength and Conditioning Association Journal**. (1998): 18-27.

Elliott, B.C., Wilson, G.J., and Kerr, G.K. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 21(1989): 450-462.

Faulkner, J.A., Claflin, D.R., and McCully, K.K. Power output of fast and slow fibers form human skeletal muscle. In N.L. Jones, N.McCartney, and A.J.McComas (eds.). **Human Muscle Power,** Champaign, IL: Human Kinetic, 1986.

Fleck,S.J.,and Kraemer,W.J. **Designing resistance traning programs 2nd ed**. Champaign,IL: Human Kinetic, 1987.

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

Hakkinen, K., and Komi, P. Electromyography changes during strength training and detraining. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 15 (1983): 455-460.

Hakkinen, K., and Komi, P., and Alen, M. Effect of explosive type strength training on isometric force-and relaxation-time, electromyography and muscle fiber characteristics of leg extensor muscles, **Acts Physiological Scandinavia.** 125 (1985): 587-600.

Hakkinen, K. and Komi, P.V. The effect of explosive type strength training on electromyography and force production characteristics of leg extensor muscle during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. **Scandinavian Journal of Sports Science.** 7(1985): 65-76.

Hedrick A., and Anderson J.C. The vertical jump: A review of the literature and a team case study. **National Strength and Conditioning Association Journal** (1996): 7-12.

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

Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Cooper, J.J, Kang, J., Chilakos, A., and Faigenbaum, A.D. Comparison of loaded and unloaded jump squat training on strength/power performance in college football players. **Journal of Strength Conditioning Research**. 19(2005): 810-815

Hori, N., Newton, R.U., Nosaka, K., and Mcguigan, M.R. Comparison of different methods of determining power output in weightlifting exercises. **Strength and Conditioning Journal.** 28(2006): 34-40

Hori, N., Newton, R.U., Kawamori, N., Mc Guigan, M.R., Andrews, W.A., Chapman, D.W., and Nosaka, K. Comparison of weighted jump squat training with and without eccentric braking. **Journal of Strength Conditioning Research**. 22(2008): 54-65.

Huber, J. Increasing a diver's vertical jump through Plyometric training. **National Strength and Conditioning Association Journal.** 6(1987): 34-36.

Humphries, B.J., Newton, R.U., and Wilson, G.J. The effect of a braking device in reducing the ground impact forces inherent in plyometric training. **International Journal Sports Medicine.** 16 (1995): 129-133.

Winchester, J.B., Erickson, T.M., Blaak, J.B., and Mcbride, J.M. Changes in bar-path kinematics and kinetics after power-clean training. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 19(2005): 177-183.

Kaneko, M., Fuchimoto, T., Tojil, H., and Suei, K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. **Scandinavian Journal Sports Science**. 5(1983): 50-55.

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

Kawamori, N., Newton, R.U. Velocity specificity of resistance training: actual movement velocity versus intention to move explosively**. Strength and Conditioning Journal**. 28(2006): 86-91.

LaChance, P. Plyometric exercise. **National Strength and conditioning Association Journal**. (1995): 16 - 23.

LeSuer, D.A., McCormick, J.H., Mayhew, J.L., Wasserstein, R.L., and Arnold, M.D. The accuracy of prediction equation for estimating 1-RM performance in the bench press, squat and deadlift. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 11(1997): 211-213.

Li, L., Olson, MW., and Winchester, J.B. A proposed method for determining Peak power in the jump squat exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 22(2008): 326-331.

Manning, J.M., Dooly-Manning, and Perrin, D.H. Factor analysis of various anaerobic power tests. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 28(1998): 138-144.

McBride, J.M., Triplett-McBride, T.T., Davie, A., and Newton, R.U. The effect of heavy vs. light load jump squats on the development of strength, power, and speed. **Journal of Strength Conditioning Research.** 16(2002): 75-82**.**

Moritani, T., Muro, M., Ishida, K., and Taguchi, S. Electrophysiological analyses of the effects of muscle power training. **Research Journal of Physical Education in Japan**. 1(1987): 23-32.

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

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

Rutherford, O., Greig, C., Sargent, A., and Jones, D. Strength training and power output: transference effects in the human quadriceps muscle. **Journal of Sports Science.** 4(1986): 101-107.

Schmidtbleicher, D. **Muscular mechanics and neuromuscular control**. Champaign, IL:Human Kinetics, 1988.

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

Schmidtbleicher, D. Training for power evens. In P.V.Komi (ed.), **Strength and Power In Sport**, pp. 381-395. London: Blackwell Scientific, 2000.

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

Stone, M.H., and Borden, R.A. Modes and Methods of resistance training. **National Strength and Conditioning Association Journal.** (1997): 18-24.

Thomas, G.A., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Anderson, J.M., and Maresh, C.M. Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 21(2007): 336-342.

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

Wathen, D. **Load assignment. In: Essentials of Strength Training and Condition.** Baechle, T.R., ed. Champaign, IL: Human kinetic, 2000.

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

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

Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J., and Humphries, B.J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** 25 (1993): 1279-1286.

Wilson, G.J., Strength and Power in Sport In J.Bloomfield, T.R. Ackland and B.C.Elliott (eds.), **Applied anatomy and biomechanics,** PP. 110 – 208. Melbourne Blackwell Scientific Publication, 1994.

Yessis, M. Training for power sports – Part 1. **National Strength and Conditioning Association Journal.** (1994): 42-45.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบบันทึกประวัติ และข้อมูลก่อนการทดลองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

แบบบันทึกประวัติ และข้อมูลก่อนการทดลองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เลขที่กลุ่มตัวอย่าง..... วันที่.....

ชื่อ..... นามสกุล.....

วัน/เดือน/ปี เกิด.....

อายุ..... ปี ..... เดือน

น้ำหนัก.....กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมัน..... ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนัก.....ปี

ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ในท่าควอเตอร์สคอวท.....กิโลกรัม

มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมปกติหรือไม่.....

ภาคผนวก ข
แบบบันทึกผลการทดลอง

แบบบันทึกผลการทดลอง

วันที่..... ระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก..... ช่วง.....

รหัส	ชื่อ – นามสกุล	น้ำหนัก (กก.)	Peak Velocity (m/s)	Average Velocity (m/s)	Peak Power (Watt)	Average Power (Watt)	Peak Force (Newton)	Average Force (Newton)

ภาคผนวก ค
การคิดระดับของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก

การคิดระดับของแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก

ยกตัวอย่าง

ผู้เข้าร่วมวิจัยมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ความหนักที่ใช้ฝึก 45 กิโลกรัม (30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม) วิธีของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

ระดับแรงเบรก	=	ความหนักที่ใช้ฝึก x ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก
ระดับแรงเบรก 0 เปอร์เซ็นต์	=	45 x 9.81 x 0.00
	=	0 นิวตัน
ระดับแรงเบรก 30 เปอร์เซ็นต์	=	45 x 9.81 x 0.30
	=	132.4 นิวตัน
ระดับแรงเบรก 60 เปอร์เซ็นต์	=	45 x 9.81 x 0.60
	=	264.9 นิวตัน
ระดับแรงเบรก 90 เปอร์เซ็นต์	=	45 x 9.81 x 0.90
	=	397.3 นิวตัน

ภาคผนวก ง
โปรแกรมการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ

โปรแกรมการทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ (Mcbride et al., 2002)

เครื่องมือ

1. จักรยานวัดงาน รุ่น 894E (Monark Ergometer) ประเทศสวีเดน
2. เครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) ประเทศออสเตรเลีย
3. โอลิมปิคบาร์เบลและแผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ประเทศสวีเดน

วิธีการ

1. อบอุ่นร่างกายปั่นจักรยานวัดงาน เป็นเวลา 5 นาที ความหนัก 105 วัตต์ ความเร็ว 60 รอบต่อนาที
2. พักประมาณ 2 นาทีหรือนานเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ
3. แบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 6 ครั้ง ด้วยระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 0 เปอร์เซ็นต์ของความหนักที่ใช้ฝึก (Hori et al., 2008)
4. พักประมาณ 2 นาทีหรือนานเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ
5. แบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 6 ครั้ง ด้วยระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก 90 เปอร์เซ็นต์ของความหนักที่ใช้ฝึก (Hori et al., 2008)

ภาคผนวก จ
โปรแกรมการทดลองแบกน้ำหนักกระโดดที่ระดับแรงเบรกแตกต่างกัน

โปรแกรมการทดลองแบกน้ำหนักกระโดดที่ระดับแรงเบรกแตกต่างกัน

ความถี่ของการทดลอง 1 รอบ/สัปดาห์

ระยะเวลาของการทดลอง 4 สัปดาห์

ระยะเวลาของการทดลองแต่ละครั้ง ประมาณ 20 นาที

สถานที่ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบแผนการวิจัย การทดลองหมุนเวียนสมดุล “Counterbalance design” (Best and Khan, 1986)

สภาวะ / สัปดาห์	X_1	X_2	X_3	X_4
1	A	B	C	D
2	B	C	D	A
3	C	D	A	B
4	D	A	B	C

A,……..,D = กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มๆ ละ 5 คน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 4 คน 2 กลุ่ม

X_1 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_2 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_3 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

X_4 = สภาวะระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ1 อาร์เอ็ม ตามวิธีการคำนวณของนารุฮิโระ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008)

โปรแกรมการทดลองแบกน้ำหนักกระโดดที่ระดับแรงเบรกแตกต่างกัน (ต่อ)

การทดลองแบกน้ำหนักกระโดด ประกอบด้วย 2 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up) กลุ่มตัวอย่างทำการชั่งน้ำหนัก และอบอุ่นร่างกายด้วยวิธีการปั่นจักรยานวัดงาน เป็นเวลา 5 นาที 105 วัตต์ 60 รอบต่อนาที พักประมาณ 2 นาทีหรือนานเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002)

ช่วงที่ 2 ช่วงการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม ได้รับเลือกสภาวะการทดลองจากการสุ่มอย่างง่าย และดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองหมุนเวียน แบกน้ำหนักกระโดดตามสภาวะที่ได้รับเลือก จำนวน 6 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด ค่าอัตราการเต้นของหัวใจต้องไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด พักระหว่างชุดไม่ต่ำกว่า 2 นาทีหรือเท่าที่กลุ่มตัวอย่างต้องการ (Mcbride et al., 2002) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 4 สภาวะ ตามแบบแผน และโปรแกรมการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้รับการทดลองครบทั้ง 4 สภาวะ ในระยะเวลา 4 สัปดาห์

ภาคผนวก ฉ
วิธีปฏิบัติท่าการแบกน้ำหนักกระโดด

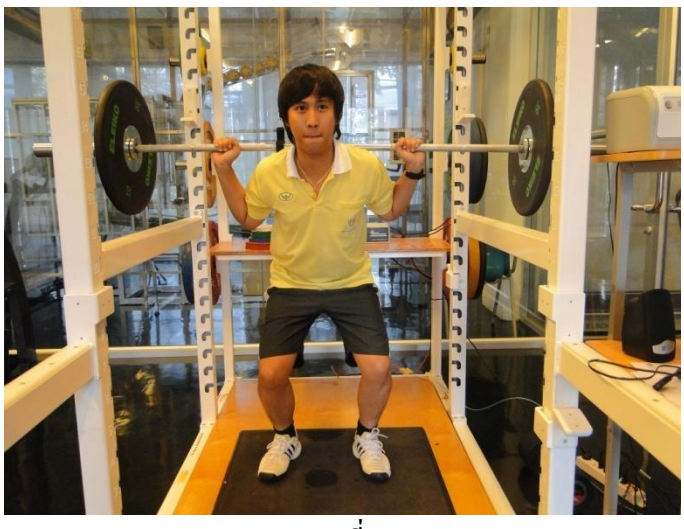
วิธีปฏิบัติท่าการแบกน้ำหนักกระโดด

ภาพที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 ท่าเริ่มต้น

1. ยืนตรงให้เท้าทั้งสองห่างกันเท่าความกว้างของช่วงไหล่ปลายเท้าแยกออกจากกันเล็กน้อย

2. จับบาร์ให้กระชับมือทั้งสองข้างห่างกันมากกว่าความยาวช่วงไหล่ จากนั้นค่อยๆวางบาร์ลงบนบ่าทั้งสองข้างอย่างสมดุล



ภาพที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 จังหวะย่อตัว

1. ย่อตัวลงพร้อมกับรักษาสมดุลของบาร์ ไม่ให้บาร์แกว่งไปมา ให้เข่าทำมุม 135 องศา หลังตรงไม่งอหลังรักษาระดับเข่าไม่ให้เลยปลายเท้าตามองตรงไปข้างหน้า

2. จัดลำตัวให้ตั้งตรงและมั่นคง ศีรษะอยู่ในลักษณะปกติ เท้าทั้งสองข้างแนบลงกับพื้น

ภาพที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 จังหวะช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น

1. การพยายามออกแรงกระโดดอย่างรวดเร็ว ให้ตัวลอยจากพื้นสูงสุดในแนวดิ่ง

ภาพที่ 4 - 5

ขั้นตอนที่ 4 จังหวะช่วงการลงสู่พื้น

1. ช่วงจังหวะเท้าสัมผัสพื้นจนถึงการย่อเข่าต่ำสุด
2. ออกแรงจังหวะช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้นอย่างต่อเนื่อง หรือยืดตัวตรงกลับสู่ท่าเริ่มต้น

ภาคผนวก ช
วิธีการตั้งค่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก

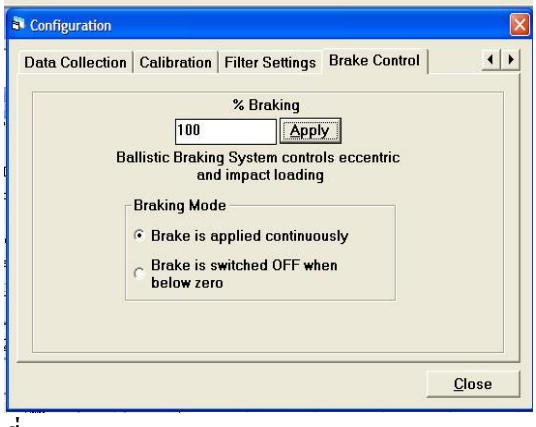
วิธีการตั้งค่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริก

เครื่องมือ

1. เครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) ประเทศออสเตรเลีย
2. โอลิมปิคบาร์เบลและแผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ Eleiko ประเทศสวีเดน
3. บาร์ป้องกัน (Safety bar)
4. เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system)

วิธีการ

1. ยกโอลิมปิคบาร์เบลให้ลอยเหนือจากบาร์ป้องกันเล็กน้อย
2. ตั้งค่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 - 7

3. ค่อยๆ เพิ่มแผ่นน้ำหนักใส่ในโอลิมปิคบาร์เบล จนกว่าโอลิมปิคบาร์เบลจะเคลื่อนลงมาอยู่ที่ บาร์ป้องกัน

4. คำนวนค่าระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ต้องการ และตั้งค่าในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system)

ภาพที่ 8 - 9

ภาคผนวก ซ

ขั้นตอนก่อนการวัดค่าแรง ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อ ขณะแบกน้ำหนักกระโดด

ขั้นตอนก่อนการวัดค่าแรง ความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อ ขณะแบกน้ำหนักกระโดด

เครื่องมือ

1. เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ประเทศออสเตรเลีย

2. แท่นวัดแรง รุ่น 400S (400 series force plate) ประเทศออสเตรเลีย 200 Hz

วิธีการ

1. ยืนเขย่งปลายเท้าบนแท่นวัดแรงค้างไว้ ประมาณ 5 วินาที

2. ออกมายืนนอกแท่นวัดแรง ประมาณ 5 วินาที

3. นักกีฬาเตรียมพร้อมในการทดลองแบกน้ำหนักกระโดด

ภาพที่ 10 - 12

ภาคผนวก ฌ
เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย

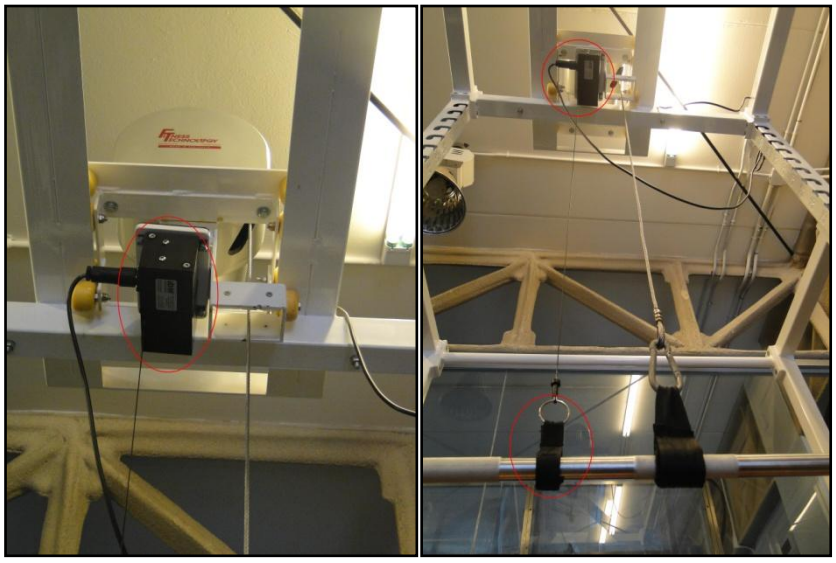
เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ประเทศออสเตรเลีย ประกอบด้วย

- บะลิสติก เมสเซอเมินท ซอฟต์แวร์ (Ballistic measurement software) เวอร์ชั่น 2011 2.0

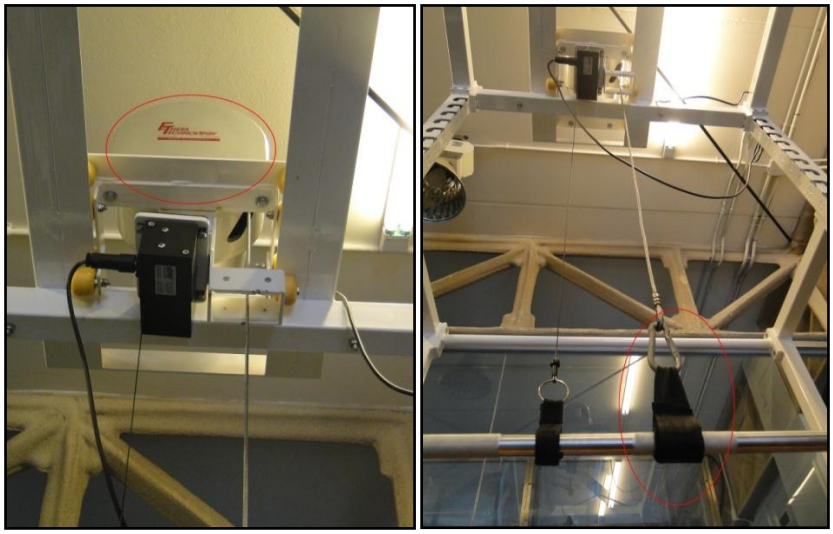
ภาพที่ 13

- ตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง (Position transducer) ยี่ห้อ IDM ประเทศออสเตรเลีย



ภาพที่ 14 - 15

2. เครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม (Ballistic braking system) ประเทศออสเตรเลีย



ภาพที่ 16 - 17

3. แท่นวัดแรง รุ่น 400S (400 series force plate) ประเทศออสเตรเลีย

ภาพที่ 18

4. อุปกรณ์บาร์ป้องกัน (Safety bar)

ภาพที่ 19

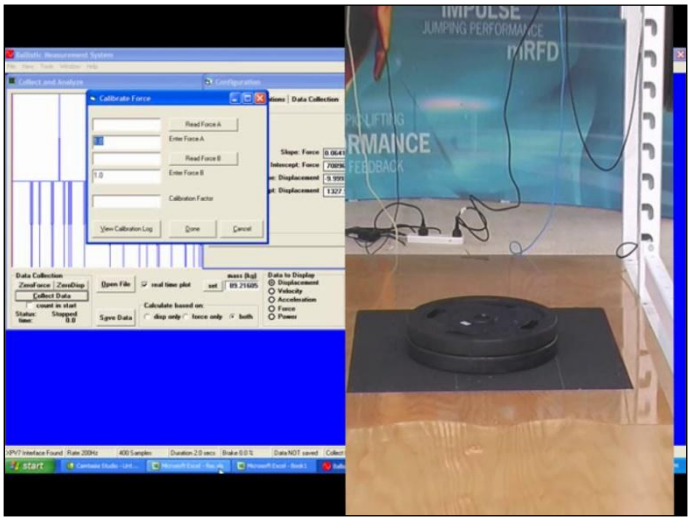
ภาคผนวก ญ
ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และวิธีการสอบเทียบ

ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และวิธีการสอบเทียบ

การทดสอบหาค่าพลังกล้ามเนื้อ จากค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้น และความเร็วของโอลิมปิกบาร์เบล ด้วยบะลิสติก เมสเซอเมินท ซอฟท์แวร์เป็นวิธีการทดสอบมาตรฐาน (Comstock et al., 2011) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการสอบเทียบ (Calibration) แท่นวัดแรง และตัวแปลงสัญญาณตำแหน่งก่อนเก็บข้อมูลการทดลองด้วยวิธีการเดิมทุกครั้ง

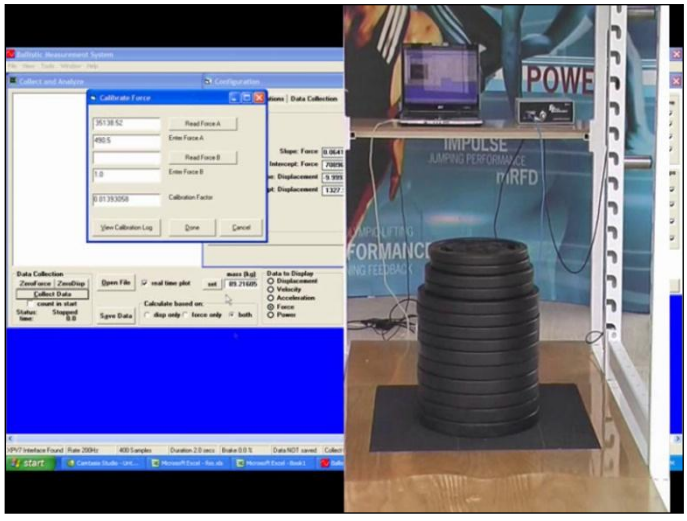
วิธีการสอบเทียบเครื่องมือแผ่นวัดแรง

1. วางแผ่นน้ำหนักด้วยน้ำหนักที่น้อยลงบนแท่นวัดแรง ป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์



ภาพที่ 20

2. วางแผ่นน้ำหนักด้วยน้ำหนักที่มากลงบนแท่นวัดแรง ป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์



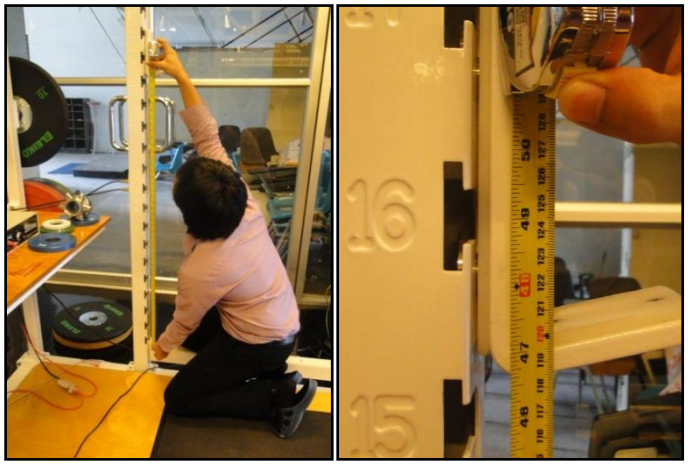
ภาพที่ 21

3. ซอฟท์แวร์จะทำการวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูลการสอบเทียบ

หมายเหตุ – แผ่นน้ำหนักที่ใช้ในการสอบเทียบ ยี่ห้อ Eleiko ประเทศสวีเดน

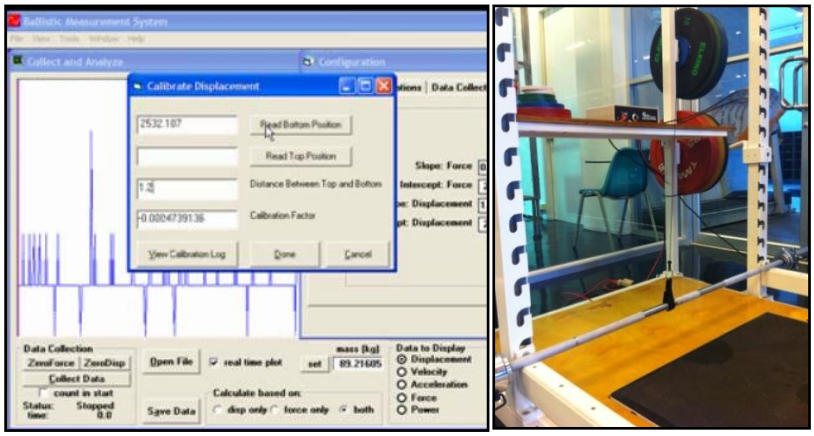
วิธีการสอบเทียบเครื่องมือตัวแปลงสัญญาณตำแหน่ง

1. ทำการวัดระยะของตำแหน่งบาร์เบลระหว่างจุด 2 จุด โดยใช้หน่วยเป็นเมตร



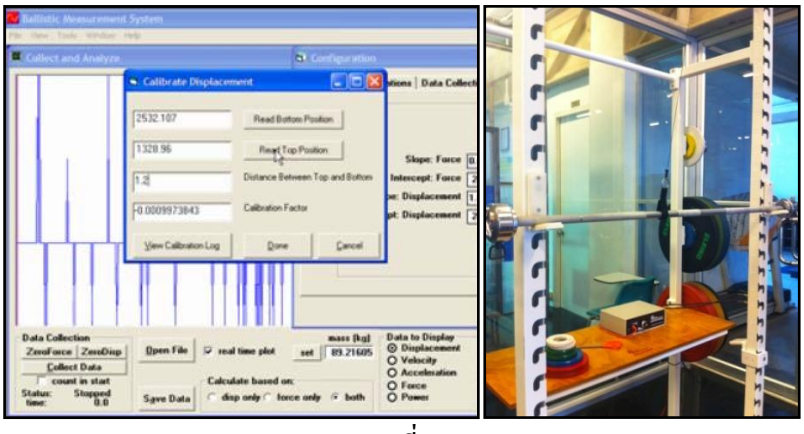
ภาพที่ 22 วัดระยะระหว่างตำแหน่งหมายเลข 1 และ 16 ด้วยตลับเมตร(ผ่านการสอบเทียบ) ได้ 1.2 เมตร

2. นำบาร์เบลวางบนอุปกรณ์บาร์ป้องกันหมายเลข 1 และป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์



ภาพที่ 23

3.นำบาร์เบลวางบนอุปกรณ์บาร์ป้องกันหมายเลข 16 ป้อนค่าลงในซอฟท์แวร์ และบันทึกผล



ภาพที่ 24

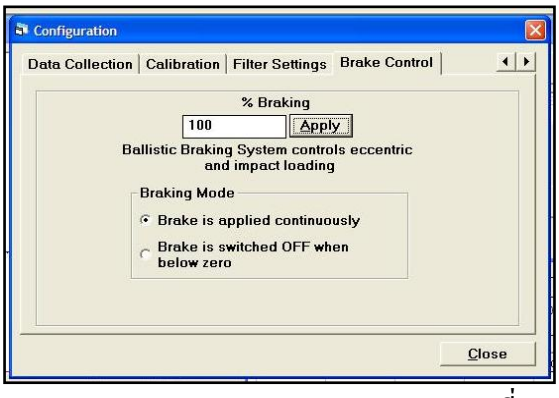
ภาคผนวก ฏ
ที่มาและวิธีการหาค่าระดับแรงเบรกเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม

ที่มาและวิธีการหาค่าระดับแรงเบรกเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม

จากการศึกษาของ โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่ระดับ 0 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้การตั้งค่ากำหนดแรงเบรก ขณะบาร์เบลและแผ่นน้ำหนักอยู่นิ่ง พบว่าผลที่ได้จากการฝึกมีความแตกต่างกัน

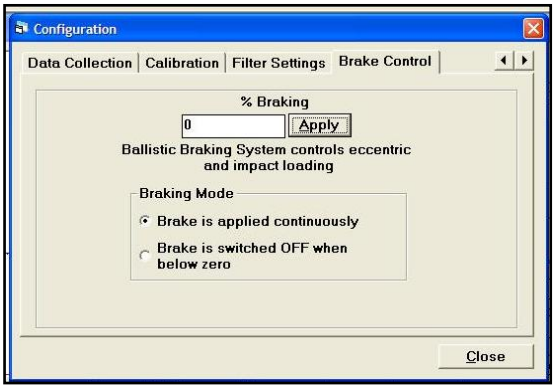
ดังนั้นผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกให้มีความละเอียดมากขึ้น โดยได้เริ่มทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) หาระดับความสามารถของเครื่องบะลิสติก เบรกกิ้ง ซิสเท็ม ดังนี้

1. ทำการหาค่าระดับแรงเบรกสูงสุดที่เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้



ภาพที่ 25 - 26

2. ทำการหาค่าระดับแรงเบรกต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้



ภาพที่ 27 – 28

ผลการศึกษานำร่อง พบว่า

1. ค่าระดับแรงเบรกสูงสุดที่เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้ เท่ากับ 180 กิโลกรัม
2. ค่าระดับแรงเบรกต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้ เท่ากับ 10-15 กิโลกรัม

ซึ่งค่าระดับแรงเบรกขั้นต่ำ คิดเป็นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความหนักที่ใช้ฝึก ผู้วิจัยได้รายงานผลการศึกษานำร่อง แก่คณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ในวันที่ 5 สิงหาคม 2554 โดยที่ประชุมมีข้อเสนอให้ผู้วิจัยแก้ไข โปรแกรมการศึกษาระดับแรงเบรกเอ็คเซ็นตริกจากเดิมที่กำหนดไว้ ทั้งหมด 6 ระดับ เปลี่ยนเป็น 4 ระดับ คือ 0, 30, 60 และ 90 เปอร์เซ็นต์ของความหนักที่ใช้ฝึก ตามเหตุผลทางวิชาการ ดังนี้

1. ค่าระดับแรงเบรกต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถรับน้ำหนักได้ คิดเป็นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความหนักที่ใช้ฝึก
2. ไม่ควรใช้ระดับแรงเบรกที่มากกว่าหรือเท่ากับความหนักที่ใช้ฝึก เพราะจะทำให้เปลี่ยนเป็นรูปแบบของการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งผิดวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ (ใช้ระดับ 90 เปอร์เซ็นต์)
3. ควรกำหนดการศึกษาระดับแรงเบรกที่มีอัตราส่วนเดียวกัน (0, 30, 60, 90 เปอร์เซ็นต์) เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับแรงเบรกระหว่างกันมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอของคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และยื่นขออนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์ต่อคณะกรรมการบริหารคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในวันที่ 29 สิงหาคม2554 ซึ่งที่ประชุมมีมติอนุมติโครงร่างโดยไม่มีข้อแก้ไขเพิ่มเติม

ภาคผนวก ฏ
แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (1 อาร์เอ็ม)

แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (1 อาร์เอ็ม)

วิธีการทดสอบ

1. สอบถามกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน และประเมินถึงความหนักที่นักกีฬาแต่ละคนใช้ฝึกซ้อม เพื่อทำการอบอุ่นร่างกาย

2. นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย ด้วยวิธีการยกน้ำหนักย่อตัวเข่าเป็นมุม 135 องศา (Quarter squat) ต่อเนื่องกับยืดตัวขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง ทั้งหมด 4 ชุด พักระหว่างชุด 5 นาที ตามวิธีของวินเชสเตอร์ และคณะ (Winchester et al., 2005)

- ความหนัก 30% ของ 1 อาร์เอ็ม 4-6 ครั้ง
- ความหนัก 50% ของ 1 อาร์เอ็ม 3- 4 ครั้ง
- ความหนัก 70% ของ 1 อาร์เอ็ม 2-3 ครั้ง
- ความหนัก 90% ของ 1 อาร์เอ็ม 1 ครั้ง

3. หาน้ำหนักที่นักกีฬายกได้ 3 – 4 ครั้ง (3 - 4 อาร์เอ็ม)

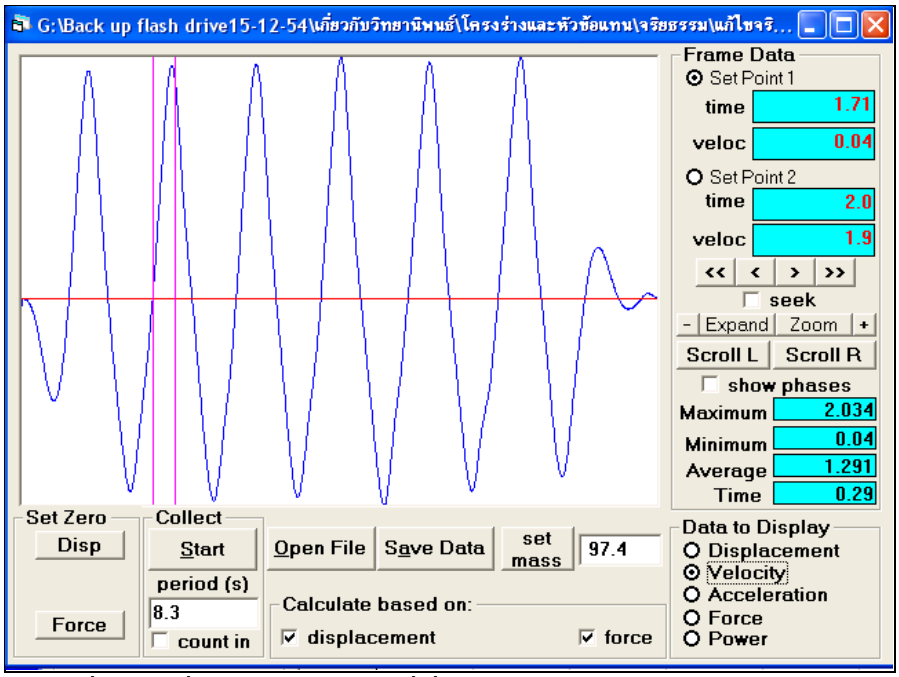
4. นำน้ำหนักที่ยกได้ไปหาคำนวณหาค่าหนึ่งอาร์เอ็ม ตามวิธีของบีเคิล และคณะ (Baechle et al., 2000)

ภาพที่ 29 - 30

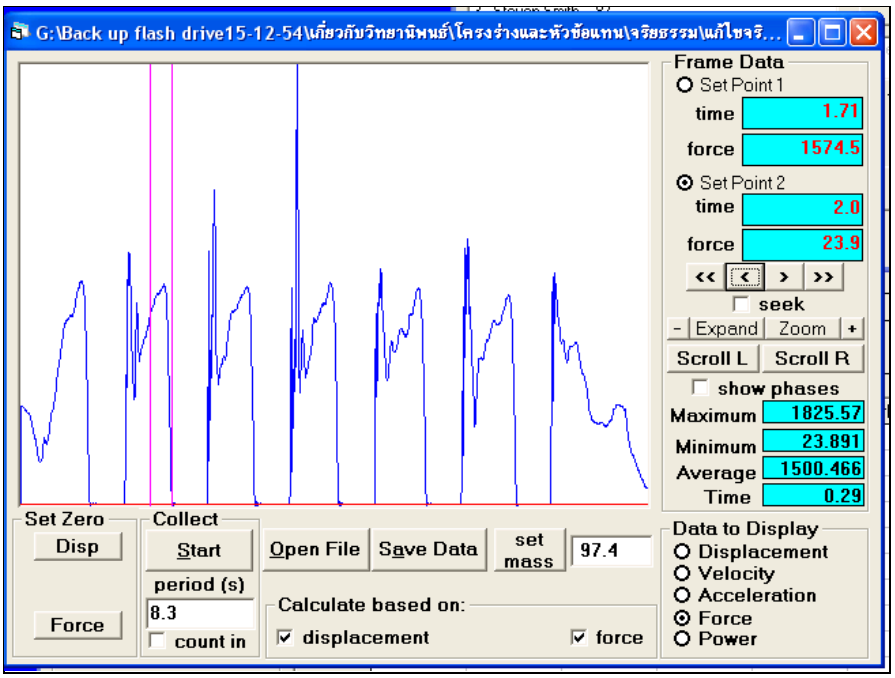
ภาคผนวก ฐ
วิธีการดึงข้อมูลผลการทดลองจากซอฟต์แวร์

วิธีการดึงข้อมูลผลการทดลองจากซอฟต์แวร์

ช่วงการกระโดดขึ้นจากพื้น



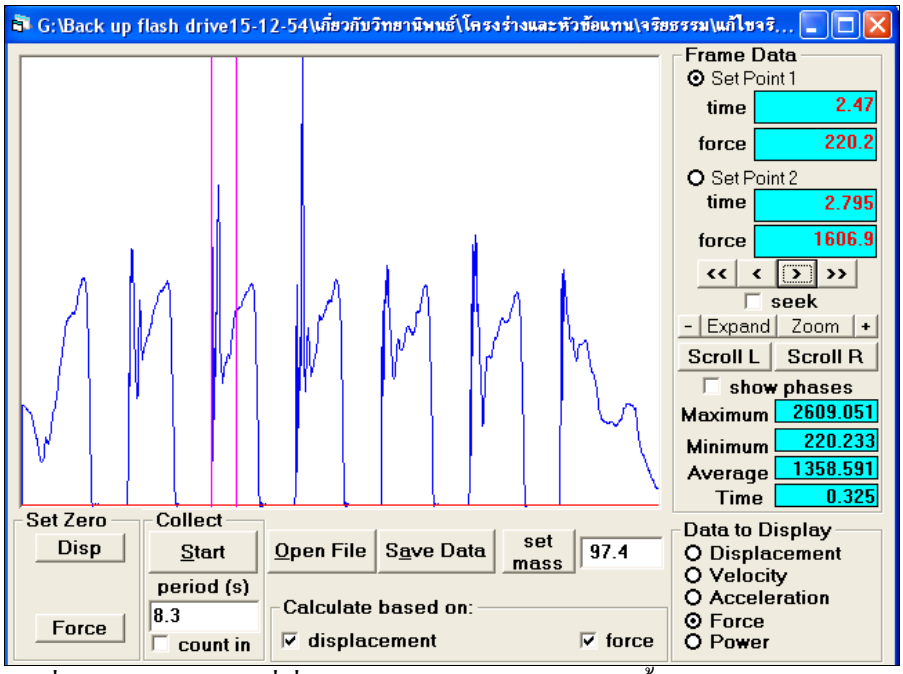
ภาพที่ 31 จุดเริ่มต้น เป็นตำแหน่งที่เริ่มมีค่าความเร็วเป็นค่าบวก (Set point1)



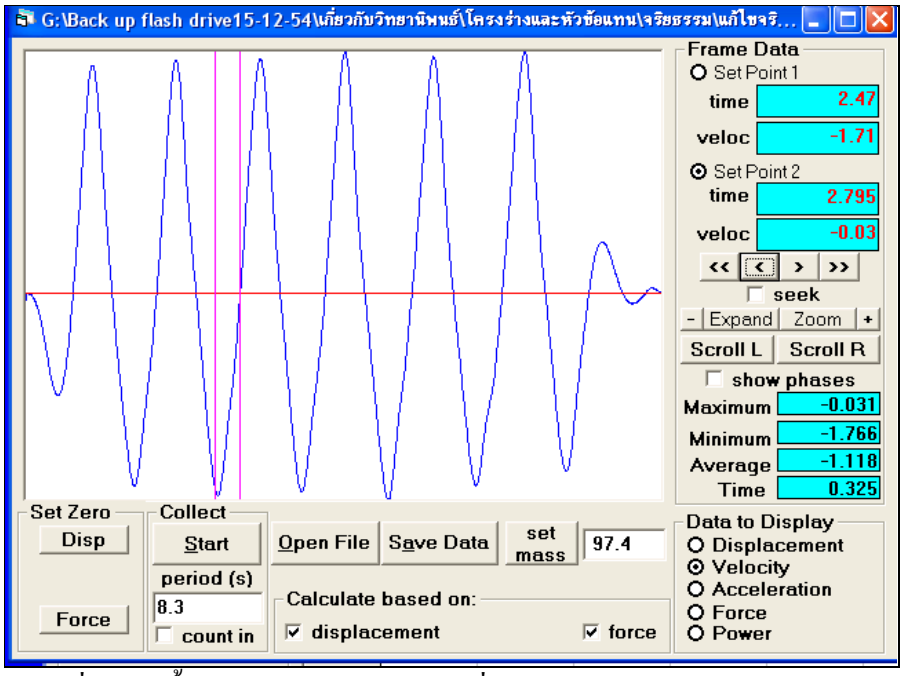
ภาพที่ 32

จุดสิ้นสุด เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่มีค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้นมากกว่า 10 นิวตัน (Set point2)

ช่วงการลงสู่พื้น



ภาพที่ 33 จุดเริ่มต้น เป็นตำแหน่งที่เริ่มมีค่าแรงปฏิกิริยาสะท้อนจากพื้นมากกว่า 10 นิวตัน (Set point1)



ภาพที่ 34 จุดสิ้นสุด เป็นตำแหน่งสุดท้ายที่มีค่าความเร็วเป็นค่าลบ (Set point2)

ภาคผนวก ฑ
หนังสือรับรองจริยธรรม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 03439
วันที่ 6 ธ.ค. เวลา 9.00 น.
2554

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-8147
ที่ จว 727/54 **วันที่** 28 พฤศจิกายน 2554
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบรับรองผลการพิจารณา
2. ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3. ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ตามที่ **นายธงทอง ทรงสุภาพ** นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอโครงการวิจัยที่ 156.1/54 เรื่อง การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง (A COMPARISON OF DIFFERENT ECCENTRIC BRAKING LOADS DURING WEIGHTED JUMP SQUAT ON THE ACUTE EFFECT OF MUSCULAR POWER IN HIGH RELATIVE STRENGTH MALE ATHLETES) เพื่อให้กรรมการผู้ทบทวนหลักพิจารณาจริยธรรมการวิจัยความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

การนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลัก ได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้รับรองวันที่ 10 พฤศจิกายน 2554

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

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

วิชน... เพื่อโปรด
☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
○ พิจารณา
○ ลงนาม
○ อนุมัติ
ลงชื่อ...
6 ธ.ค. 2554

AF 01-12

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

COA No. 165/2554

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 156.1/54 : การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกันขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง

ผู้วิจัยหลัก : นายธงทอง ทรงสุภาพ

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 10 พฤศจิกายน 2554 **วันหมดอายุ** : 9 พฤศจิกายน 2555

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับอาสาสมัครหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 156.1/54
วันที่รับรอง 10 พ.ย. 2554
วันหมดอายุ 09 พ.ย. 2555

เงื่อนไข

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

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่..... เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่โครงการวิจัย 156.1/54

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย..... วันที่รับรอง 10 พ.ย. 2554

วันหมดอายุ 09 พ.ย. 2555

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบระดับแรงเบรกแบบเอ็คเซ็นตริกที่แตกต่างกัน ขณะแบกน้ำหนักกระโดดที่มีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาชายที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง
ชื่อผู้วิจัย	นายธงทอง ทรงสุภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์
ที่อยู่ที่ติดต่อ	บ้านเลขที่ 19/865 ถนนป๊อปปูล่า ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
โทรศัพท์มือถือ	089-7452995
E-mail:	Tongthong_s@hotmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มา วัตถุประสงค์ และรายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ รวมทั้งทราบถึงประโยชน์ ความเสี่ยง/อันตราย ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้า จึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ แก่ข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย**ทุกขั้นตอน** *ได้แก่ ขั้นตอนก่อนการทดลอง ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก เก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป โดยการชั่งน้ำหนัก วัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน ส่วนสูง และทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที และขั้นตอนดำเนินการทดลองตามแบบการทดลองหมุนเวียน แบกน้ำหนักกระโดดตามสภาวะที่ได้รับเลือกทั้งหมด 4 สภาวะ โดยแต่ละสภาวะการทดลองจะต้องห่างกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ใช้เวลาแต่ละครั้งประมาณ 20 นาที*

ข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูล การวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากข้าพเจ้าเกิดอาการบาดเจ็บจากการทดลอง จะได้รับการช่วยเหลือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการออกค่ารักษาพยาบาลทั้งหมด

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน 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.....
(นายธงทอง ทรงสุภาพ)
ผู้วิจัยหลัก

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

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	**:**	นายธงทอง ทรงสุภาพ
เกิดวันที่	**:**	21 มีนาคม 2531
สถานที่เกิด	:	จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	**:**	9/196 อาคารที 8 เมืองทองธานี ตำบลบ้านใหม่ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
ประวัติการศึกษา	**:**	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตแขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553
ทุนการศึกษา	:	ได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ภาคการศึกษาต้น ประจำปี 2553
ประสบการณ์การทำงาน	:	เจ้าหน้าที่สำนักงาน (วิทยาศาสตร์การกีฬา) P7 ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2554 – ปัจจุบัน
ผลงานวิจัย	:	เฉลิม ชัยวัชราภรณ์, ชัยสิทธิ์ ภาวิลาส, วิชิต คนึงสุขเกษม, สนั่น เลิศถิรสุนทร, วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์ และธงทอง ทรงสุภาพ. การศึกษาความแม่นตรงและสมรรถนะในการใช้งานลู่วิ่งไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดสอบและออกกำลังกายจากผู้ผลิตและจำหน่าย. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.