การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก และการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน

นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF COMBINED CONCENTRIC WITH ECCENTRIC TRAINING AND ECCENTRIC TRAINING USING DIFFERENT RESTING INTERVAL

Mr. Phubate Napatpittayatorn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Copyright of Chulalongkorn University

521790

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน
โดย	นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตอนงค์ ก้าวกสิกรรม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตอนงค์ ก้าวกสิกรรม)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร: การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน. (ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF COMBINED CONCENTRIC WITH ECCENTRIC TRAINING AND ECCENTRIC TRAINING USING DIFFERENT RESTING INTERVAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.ดร.จิตอนงค์ ก้าวกสิกรรม, 136 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 20 ปี จำนวน 14 คน โดยการเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยแบบเจาะจง จากนั้นนำผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 14 คน ทำการฝึกในโปรแกรมการฝึก 6 แบบ คือ โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที และโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที ทำการฝึก 2 ชุดการฝึกต่อ 1 โปรแกรมการฝึก โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 1 โปรแกรม เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ในท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา ก่อนการทดลอง และวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ขณะทำการฝึกในทุกโปรแกรม ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะใช้ค่ารากที่สองของ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง ในการคำนวณหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลตามระเบียบทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า "ที" โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา พบว่า

1. ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัด คือ กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ขณะทำการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก ไม่แตกต่างกัน

2. ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัด คือ กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ขณะทำการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5178631439 : MAJOR SPORT SCIENCE

KEYWORDS : ELECTROMYOGRAM / CONCENTRIC TRAINING / ECCENTRIC TRAINING / RESTING INTERVAL / PERCENTS OF MAXIMAL VOLUNTARY CONTRACTION

PHUBATE NAPATPITTAYATORN: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF COMBINED CONCENTRIC WITH ECCENTRIC TRAINING AND ECCENTRIC TRAINING USING DIFFERENT RESTING INTERVAL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D, THESIS CO-ADVISOR: ASST.PROF.CHITANONGK GAOGASIGAM, Ph.D, 136 pp.

The purpose of this research was to study electromyographic activities (EMG) of the knee extensors of six training programs with different resting intervals. Six training programs included three courses of combined concentric with eccentric training with a resting interval of 30 seconds, 2 minutes and 4 minutes, and three courses of eccentric training with the same resting periods. Fourteen male subjects were purposively sampled from Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, aged between 18 – 20 years old. The subjects were trained in all of six programs. Each program was performed 2 sets. The total length of this research was six weeks, one program per week. The subjects were tested to determine their relative strength by a leg press position from 90 degree of knee flexion before trainings. EMG were recorded during the trainings, and processed by using root mean square values. EMG from each muscle were normalized by converting to the percentages. EMG was obtained during maximal voluntary contraction. The obtained data were analyzed in terms of means and standard deviations. T- test were used to determine the significant differences of the obtained data at the level of .05.

The results showed that :

1. The effect of 30 seconds resting interval on percentages of maximal voluntary contraction in Rectus femoris, Vastus medialis and Vastus lateralis during the combined concentric with eccentric training and the eccentric training were not significantly different.

2. The effect of 2 minutes and 4 minutes resting interval on percentages of maximal voluntary contraction in Rectus femoris, Vastus medialis and Vastus lateralis during the combined concentric with eccentric training and the eccentric training in set 2 were significantly decreased at .05 level.

Field of Study : Sport Science Student's Signature Phubate N.

Academic Year : 2009 Advisor's Signature Chaninchai Intiraporn

Co-Advisor's Signature Chitanongk Gaogasigam

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร.จิตอนงค์ ก้าวกสิกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วันชัย บุญรอด ที่คอยให้คำปรึกษาด้านกระบวนการวิจัยและสถิติตลอดการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และ อาจารย์ สิทธา พงษ์พิบูลย์ ที่ช่วยด้านภาษาอังกฤษในงานวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดเวลาที่ผู้วิจัยขอคำปรึกษา ขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และยังเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลองครั้งนี้อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้ด้วยดี ทั้งการเสียสละเวลา ความตรงต่อเวลา และความสม่ำเสมอในการทดลองทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพี่วีรพัฒน์ ยอดกมลศาสตร์ เจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์ ตลอดเวลาในการทำการทดลอง อีกทั้งคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และบัณฑิตวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา และแขนงวิชาอื่น ๆ ปีการศึกษา 2551 ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบขอบพระคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันเป็นสถาบันอันทรงเกียรติ ที่ประสิทธิ์ประสาท วิชา ความรู้ สร้างระเบียบวินัย และความรับผิดชอบจนทุกวันนี้ และที่ลืมมิได้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ชดาภา นภัทรพิทยาธร คุณตาทวี คุณยายจำลอง อินศรีชื่น ที่ให้ความรักความเอาใจใส่คอยอบรมสั่งสอนและขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูปภาพ..... ฑ

สารบัญแผนภูมิ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

สมมติฐานของการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท..... 7

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ..... 9

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ..... 12

สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ..... 14

แหล่งพลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อ..... 17

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ..... 19

ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ..... 24

หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก..... 34

มัดกล้ามเนื้อที่จะทำการศึกษา..... 35

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่		หน้า
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	43
3	วิธีดำเนินการวิจัย	44
	ผู้เข้าร่วมการวิจัย	44
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	45
	ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล	46
	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	47
	การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง	47
	แผนผังแสดงขั้นตอนการทำวิจัย	48
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	49
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
	สรุปผลการวิจัย	76
	อภิปรายผล	78
	ข้อเสนอแนะ	82
รายการอ้างอิง		83
ภาคผนวก		87
	ภาคผนวก ก แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย	88
	ภาคผนวก ข รายละเอียดใบบันทึกของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยและผลการทดลอง	90
	ภาคผนวก ค การฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก	97
	ภาคผนวก ง แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว	103
	ภาคผนวก จ เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	105
	ภาคผนวก ฉ การหาค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า	109
	ภาคผนวก ช การหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า	111

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาคผนวก ซ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย..... 113
ภาคผนวก ฌ หนังสือขอความร่วมมือ..... 115
ภาคผนวก ญ แบบประเมินเนื้อหาผู้ทรงคุณวุฒิ..... 118
ภาคผนวก ฎ หนังสือรับรองจริยธรรม..... 131

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 136

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะของกล้ามเนื้อ.....	27
2	แสดงจำนวนครั้งของการยกกับความหนักที่คิดเป็น % ของหนึ่งอาร์เอ็ม.....	33
3	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ ความยาวขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (ขาขวาข้างเดียว) ของผู้เข้าร่วมการวิจัย.....	50
4	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	51
5	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	52
6	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	53
7	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที.....	54
8	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที.....	56
10	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที.....	57
11	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที.....	58
12	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที.....	59
13	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	60
14	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 30 วินาที.....	62
16	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที.....	63
17	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที.....	64
18	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพัก 2 นาที.....	65
19	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที.....	66
20	ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที.....	67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

21 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพัก 4 นาที..... 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่		หน้า
1	การแสดงเครื่องฝึกยกน้ำหนักในท่านั่งถีบยันเท้า.....	102
2 – 3	การแสดงท่าการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก.....	103
4 – 5	การแสดงท่าการฝึกเอ็คเซ็นตริก.....	104
6 – 7	การแสดงท่าการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว.....	108
8	การแสดงเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ.....	110
9	การแสดงแสดงอุปกรณ์เชื่อมต่อไปยังกล้ามเนื้อของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6.....	110
10	การแสดงแสดงขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่ใช้วัด.....	111
11	การแสดงขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าอ้างอิง.....	111
12	การแสดงการต่อวงจรการทำงานของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ.....	111
13	การแสดงการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะทำการฝึก.....	112
14	การแสดงการติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อเหยียดเข่า.....	112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของขาขวาข้างเดียวของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 14 คน.....	69
2	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที.....	70
3	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที.....	71
4	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที.....	72
5	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที.....	73
6	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที.....	74
7	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที.....	75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตลอดเวลาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึก โดยคำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกและการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก ซึ่งนำโปรแกรมต่างๆมาใช้ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อนับว่ามีความสำคัญมาก โดยมีการฝึกให้มีความเฉพาะเจาะจงกับแต่ละชนิดกีฬา เพื่อที่จะพัฒนาไปสู่ความเป็นเลิศ จากการศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมา พบว่า ได้มีการนำเอาโปรแกรมการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก มาใช้ให้เกิดประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย โดยใช้ในการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ การสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ

Colliander และ Tesch (1990) ได้ทำการศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ทำงานแบบเอ็คเซ็นตริก และแบบคอนเซ็นตริก ผลปรากฏว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก ซึ่งสอดคล้องกับ Hilliard และ Robertson (2003) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงและมวลของกล้ามเนื้อ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก มีความแข็งแรงและมีมวลกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซ็นตริก และในเวลาต่อมา Bird (2005) ได้นำการฝึกที่คำนึงถึงการทำงานแบบคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกมาใช้ในการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อโดยทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ผลปรากฏว่า การฝึกแบบคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก สามารถเพิ่มความแข็งแรง และความอดทนให้กับนักกีฬาได้

Chu (1996) ได้เสนอแนะกระบวนการ 2 ขั้น ของการฝึกเชิงซ้อน (complex training) ซึ่งแต่ละขั้นมีความสำคัญเท่าเทียมกัน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นการฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้ความหนักในระดับสูง ซึ่งเป็นการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIb และให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIc ได้ทำงานแบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIb

ขั้นที่ 2 เป็นการฝึกกล้ามเนื้อให้ทำงานด้วยความเร็วสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกด้วยน้ำหนักในแต่ละชุดแล้ว จึงใช้การฝึกพลัยโอเมตริกทันที ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวแบบแรงระเบิด โดยใช้ท่าที่เสมอเหมือนกับท่าของการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อการกระตุ้นกล้ามเนื้อในขั้นแรกแล้ว

Ebben และ Watts (1998) ได้กล่าวว่า ในการฝึกเชิงซ้อนนั้นต้องฝึกด้วยน้ำหนักก่อน เพื่อเพิ่มการกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์ได้เป็นจำนวนมากแล้วตามด้วยฝึกพลัยโอเมตริกในทันที ก็จะทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น โดยการฝึกดังกล่าวนี้ ได้ศึกษาจากผลการวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า จะใช้เวลาพักหลังจากที่สิ้นสุดการฝึกด้วยน้ำหนัก แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกในทันทีภายในเวลา 30 วินาที เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานเป็นส่วนใหญ่

Karp (2001) กล่าวว่า มีหลักฐานที่ได้เห็นว่า การระดมหน่วยยนต์ที่กำหนดขึ้นโดยหลักของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น จะมีการเปลี่ยนลำดับของการระดมหน่วยยนต์มาทำงานโดยที่เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก หรือในขณะที่ทำงานอย่างรวดเร็ว สำหรับกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกนั้น การระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

ในเวลาต่อมา Ebben และ Jensen (2002) ได้กล่าวว่า การพัฒนาความสามารถอาจต้องการเวลาพักระหว่างชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก ก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก 3 – 4 นาที และใช้ความหนักในระดับสูง ในขณะที่ Jensen และ Ebben (2003) ได้ศึกษาเรื่องการฝึกเชิงซ้อนโดยมีระยะพักที่มีผลต่อการกระโดดในแนวดิ่ง ทำท่าแบกน้ำหนักย่อเข่าให้เป็นมุมฉากโดยใช้น้ำหนักที่ทำได้ไม่เกิน 5 ครั้ง แล้วจึงพักเป็นเวลา 10 วินาที 1 นาที 2 นาที 3 นาที และ 4 นาที ตามลำดับ หลังจากพักแล้วให้ย่อตัวแล้วกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งโดยไม่มีจังหวะพัก (counter movement jump) ทันที ผลที่ได้ไม่พบการเพิ่มขึ้นของพลังการกระโดดและพลังการกระโดดจะลดลง หลังจากที่กระโดดทันที หลังการยกน้ำหนัก ข้อสรุปดังกล่าวนี้ทำให้มีคำถามมากมายเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการฝึกเชิงซ้อนและความเหมาะสมของการพักช่วงสั้น ๆ ระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกพลัยโอเมตริก

เรณู พรหมเนตร (2542) ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ สะโพก และขา ควบคู่กับการเคลื่อนไหว 2 มิติ ในท่าสแนทช์ของนักกีฬายกน้ำหนักเยาวชน โดยพบว่า เมื่อน้ำหนักที่ใช้ยกมากขึ้นและมีทักษะมากขึ้น พบว่า คลื่นไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและการเคลื่อนไหว 2 มิติของขามีการเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็น ที่จะต้องฝึกยกน้ำหนักด้วยน้ำหนักสูงสุดที่เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและทักษะในการยกน้ำหนัก

จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาในเรื่องความเหมาะสมของระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก แนวคิดข้างต้นที่กล่าวมานั้น ยังไม่สามารถที่จะสรุปได้ว่าระยะเวลาพักเท่าไรที่จะมีผลทำให้กล้ามเนื้อได้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดในชุดการฝึกต่อไป ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการฝึกยกน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริก หรือการฝึกกล้ามเนื้อด้วยวิธีอื่น ๆ ต่างก็ต้องการระยะเวลาพักที่เหมาะสมด้วยกันทั้งสิ้น ทั้งนี้ยังมีข้อขัดแย้งอยู่อีกมากในเรื่องของระยะเวลาพัก อย่างเช่น การใช้ระยะเวลาพักที่สั้น อาจมีข้อได้เปรียบในเรื่องของการกระตุ้นที่สูง จากการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว แต่ในทางกลับกันการมีระยะเวลาพักที่นานขึ้น กล้ามเนื้อจะมีการผ่อนคลายความตึงเครียดในกล้ามเนื้อลง และยังมีเรื่องของการสะสมพลังงานไว้ในกล้ามเนื้อเพื่อที่จะให้กล้ามเนื้อมีความพร้อมที่จะทำงานในชุดการฝึกต่อไปอีกด้วย นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็คือ รูปแบบการฝึก โดยรูปแบบการฝึกแบบใดและระยะเวลาพักเท่าไรที่จะสามารถทำให้มีกล้ามเนื้อทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ถ้าทั้งมีรูปแบบการฝึกและระยะเวลาพักที่ดีที่สุด ก็จะทำให้รูปแบบการฝึกนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถทำให้นักกีฬาสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองให้สูงขึ้นได้อีกด้วย ในส่วนของการวัดค่าการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นผู้วิจัยจะใช้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นตัวชี้วัดที่จะแสดงเห็นถึงการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะทำการฝึก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน

สมมติฐานของการวิจัย

การใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน จะส่งผลทำให้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บอกถึงการทำงานของกล้ามเนื้อ ทั้งการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริกแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและขณะฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายของ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 20 ปี จำนวน 14 คน แต่ละคนมีความยาวขาเท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ระยะเวลาในการวิจัย 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน คือ ในวันจันทร์ ใช้เวลาครั้งละ 1 ชั่วโมง คือเวลา 8.00 น.- 9.00 น.

3. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

ตัวแปรต้น

- โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที 2 นาที และ 30 วินาที
- โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่าง ชุดการฝึก 4 นาที 2 นาที และ 30 วินาที

ตัวแปรตาม

- ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (percent of maximal voluntary contraction)

4. วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (rectus femoris) กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาริส (vastus medialis) และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (vastus lateralis)

คำจำกัดความที่ใช้การวิจัย

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyogram) หมายถึง สัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้ จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ที่เกิดจากการผ่านเข้าออกเซลล์ของอิออนต่าง ๆ ทำให้เกิดดีโพลาไรเซชั่นไปตามเซลล์กล้ามเนื้อ โดยจะมีหน่วยเป็นโวลต์ (volt) ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยทั่วไปความสูงประมาณ 50 – 1500 ไมโครโวลต์ แต่ค่าอาจเปลี่ยนแปลงได้ในกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMG works 3.6 คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะแสดงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส

การฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก (combined concentric with eccentric training) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวลดลงและตามด้วยความยาวเพิ่มขึ้น โดยสามารถเอาชนะและต้านน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา จนกระทั่งเข่าเหยียดเกือบสุด แล้วให้ต้านน้ำหนักจนกลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น

การฝึกเอ็คเซ็นตริก (eccentric training) หมายถึง การฝึกกล้ามเนื้อให้หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นโดยสามารถต้านน้ำหนักที่ใช้ในการฝึกได้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าเลค เพรส ท่าเริ่มต้นจะอยู่ในลักษณะเข่าเหยียดเกือบสุด แล้วให้ต้านน้ำหนักจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา

ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square, RMS) หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณศักย์ไฟฟ้าที่บันทึกได้ จากกล้ามเนื้อโดย ใช้รากที่สองของค่าเฉลี่ยของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง โดยจะมีหน่วยเป็นโวลต์ ในการวิจัยนี้ ค่า RMS คำนวณด้วยโปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (signal acquisition and analysis software) โดยค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองที่สูงสุด (maximum RMS value) จะแสดงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อที่หดตัวได้มากที่สุด หรือ การระดมหน่วยยนต์ที่มากที่สุดในการออกแรงครั้งนั้น

ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (percent of maximal voluntary contraction, % MVC) เป็นค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่เทียบเป็นร้อยละจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองที่สูงที่สุด จากการหดตัวของกล้ามเนื้อในการฝึกยกน้ำหนักครั้งนั้น ๆ โดยจะให้การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกเป็น ค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (100 % MVC)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบถึงผลของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก และขณะฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน

2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทาง ในการพัฒนาโปรแกรมการฝึก และนำไปใช้เพื่อการพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ขณะฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและขณะฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาทฯ
2. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
3. ค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด
4. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
5. สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ
6. องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
7. ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ
8. กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา
9. หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก
10. กล้ามเนื้อขามัดที่ทำการศึกษา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อนั้น เป็นการบันทึกไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อและจากเส้นประสาท ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อและเส้นประสาทนี้เป็นส่วนหนึ่งในกลไกการทำงานตามปกติ เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น ไฟฟ้าที่บันทึกได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย ฉะนั้น การทราบรายละเอียดของไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ และ เส้นประสาทจึงเป็นรากฐานที่สำคัญในการเข้าใจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ต้นตอของไฟฟ้า

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อ และ เส้นประสาทมีคุณสมบัติพิเศษที่เยื่อหุ้มเซลล์ สามารถเปลี่ยนแปลง ความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เหมาะสม กล้ามเนื้อมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็น semipermeable membrane คือ มีคุณสมบัติในการเลือกให้สารต่าง ๆ ผ่านเข้าออกจากเซลล์ได้ และมีสารอิเลคโตรไลท์ ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โซเดียม และโปรแตสเซียม อีกทั้งมีกลไกคอยสูบโพแตสเซียมเข้าไปในเซลล์และผลักโซเดียมออกนอกเซลล์ตลอดเวลา ในภาวะพัก (resting stage) นั้นเยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้โพแตสเซียมผ่านออกนอกเซลล์ได้มากถึง 50 เท่า จึงทำให้โพแตสเซียมนำประจุบวกออกมาข้างนอกเซลล์ แต่ประจุบวกก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยแอนอิออนที่ผ่านเยื่อหุ้มออกมาไม่ได้ จึงเรียงรายอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอกเซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ (membrane potential) ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงเรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าขณะพัก (resting membrane potential) ซึ่งมีค่าประมาณ 70 มิลลิโวลต์ ภายในเป็นลบกว่าภายนอกอาจเรียกว่ามีค่า -70 มิลลิโวลต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผิวนอกซึ่งใช้เป็นที่อ้างอิง (reference potential)

ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (action potential)

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า เมื่อกล้ามเนื้อหรือเส้นประสาทมีการทำงาน จะมีการกระจายของไฟฟ้าออกไปซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของกลไกการทำงาน คือ เส้นประสาทจะใช้การกระจายของไฟฟ้าไปตามใยประสาทที่เรียกว่า กระแสประสาท ส่วนในกล้ามเนื้อนั้นใช้การกระจายไฟฟ้าไปตามเซลล์กล้ามเนื้อ เพื่อเป็นการนำคำสั่งที่ได้รับจากประสาทโดยผ่านบริเวณรอยต่อประสานระหว่างเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular junction) ให้กระจายไปตามกล้ามเนื้อได้โดยรวดเร็วและกว้างขวาง จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้พร้อมเพรียงกัน ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้นมีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง

เมื่อถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อ จะมีการยอมให้โซเดียมผ่านเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์เป็นลบน้อยลงจนถึงเป็นบวก ที่เรียกว่า ดีโพลาไรเซชั่น (depolarization) เมื่อโซเดียมหยุดเข้าไปในเซลล์ หลังจากนั้นโพแตสเซียมอิออนก็จะวิ่งจากภายในเซลล์ออกสู่นอกเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์เป็นลบเหมือนเดิม

เรียกระยะนี้ว่า รีโพลาไรเซชั่น (repolarization) เมื่อเกิดดีโพลาไรเซชั่นขึ้น จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อและเส้นประสาทแล้ว จะเกิดการกระจายของศักย์ไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้มเซลล์นั้น ๆ โดยอาศัยความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียง การกระจายศักย์ไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อลายนั้นมีความเร็วค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 3 - 5 เมตรต่อนาที

ความเร็วในการกระจายศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า การแผ่กระจายศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานในใยประสาท (nerve fiber) ที่เรียกว่า กระแสประสาท (nerve impulse) นั้น มีความเร็วแตกต่างกันมาก คือ มีความเร็วประมาณ 1 – 100 เมตร / นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของใยประสาท

ส่วนการกระจายศักย์ไฟฟ้า ไปตามเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อลายนั้น มีความเร็วค่อนข้างคงที่ คือประมาณ 3 – 5 เมตร / นาที

1. การนำกระแสประสาทที่ไม่มีปลอกมัยอีลินหุ้ม (unmyelinated nerve fiber)

ความเร็วในการนำกระแสประสาทในใยประสาทแตกต่างกันตามขนาดของใยประสาท คือ ใยประสาทขนาดใหญ่ นำกระแสประสาทได้เร็วกว่าใยประสาทขนาดเล็ก อธิบายกลไกได้ดังนี้ การนำกระแสประสาทต้องอาศัยการเก็บและการปล่อยประจุไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาปาซิเตอร์ (C_m) และไฟฟ้าที่ต้องไหลผ่านความต้านทานของ อาโซพลาสซึม (axoplasm) เวลาที่ใช้ในการเก็บและปล่อยประจุเรียก ค่าเวลาคงที่ (time constant) ของเยื่อหุ้ม

Time constant (T.C.) = R × C

C เป็นค่าปาซิแตนซ์ของเยื่อหุ้ม

R เป็นความต้านทานของอาโซพลาสซึม

ใยประสาทเส้นใหญ่มีค่า R น้อย ฉะนั้น เวลาคงที่จึงน้อยด้วย ทำให้เวลาที่ใช้ในการเก็บและปล่อยประจุไฟฟ้าลดลง การแผ่กระจายไฟฟ้าไปได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ดีการนำกระแสประสาทที่ไม่มีปลอกมัยอีลินหุ้ม มีอัตราความเร็วค่อนข้างช้า อาจใช้ปัจจัย 1.73 คูณกับขนาดของใยประสาท (ไมครอน) จะได้ความเร็วเป็นเมตร / วินาที ใยประสาทชนิดที่ไม่มีปลอกมัยอีลินในร่างกายนั้น มีขนาดเล็กเพียง 0.5 – 1.0 ไมครอนเท่านั้น

2. การนำกระแสประสาทในใยประสาทที่มีปลอกมัยอีลิน (myelinated nerve fiber)

ปลอกมัยอีลินที่หุ้มมีคุณสมบัติเป็นฉนวน จึงทำให้ความต้านทานของเยื่อหุ้มของใยประสาท ตรงที่มีปลอกมัยอีลินหุ้มเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้คาปาซิเตอร์เก็บประจุไฟฟ้าได้น้อยลง มีผู้พบว่าเยื่อหุ้มตรงที่ปลอกมัยอีลินหุ้มยาว 2 – 3 มิลลิเมตร จะเก็บประจุไฟฟ้าเท่ากับบริเวณโนด ออฟ เรนเวียร์ (node of ranvier) ที่มีความยาวเพียง 2 – 3 ไมครอน โดยกลไกดังกล่าวทำให้ค่าเวลาคงที่ของเยื่อหุ้มลดลง เพราะว่าค่าปาซิแตนซ์ของเยื่อหุ้มลดลง ทำให้ประสาทที่มีปลอก

มัยอีลิน นำพลังประสาทได้เร็วกว่าชนิดที่ไม่มีปลอกมัยอีลินหุ้ม ความเร็วในการนำพลังประสาทต้องใช้ปัจจัย 5 คูณขนาดของใยประสาท(ไมครอน) จึงจะได้ความเร็วเป็นเมตร/วินาที ตัวอย่างเช่น ประสาทที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ไมครอน จะมีความเร็วในการนำพลังประสาท 20 × 5 = 100 เมตร/วินาที

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

Clarys และ Cabri (1993) ได้กล่าวว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือสัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้า บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ที่เกิดจากการผ่านเข้าออกเซลล์ของอิออนต่าง ๆ ทำให้เกิดดีโพลาไรเซชั่นไปตามเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถวัดโดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยจะรับสัญญาณของกระแสประสาทของกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (electrode) แล้วส่งต่อไปยังแอมปลิไฟเออร์ (amplifier) ของเครื่องมือ เพื่อขยายสัญญาณแล้วแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณภาพแสดงออกทางจอ (oscilloscope) ในทางกีฬามักใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อร่วมกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของร่างกาย

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกิจกรรมทางการกีฬา

กรมพลศึกษา (2542) คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ช่วยในการวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อ โดยวิเคราะห์ว่ากล้ามเนื้อมีการทำงานเมื่อใด หรือมีการทำงานอย่างไร ในท่าทางการเคลื่อนไหวใด ๆ กล้ามเนื้อมัดนี้มีการทำงาน มากน้อยเพียงใด การทำงานในด้านการกีฬา เช่น การเสิร์ฟเทนนิส จะมีการวิเคราะห์เกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเสิร์ฟลูก โดยมีการทดลองและเก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้าในนักกีฬาที่มีทักษะและความสามารถขั้นสูง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ เพื่อเป็นแบบอย่างในการฝึกให้กับนักกีฬาอื่นต่อไป ซึ่งการใช้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในทางการกีฬานั้น ได้มีการศึกษาในหลาย ๆ ชนิดกีฬา อีกกรณีหนึ่งนำมาใช้ในการประเมินอาการล้าของกล้ามเนื้อ หรือ อาการบาดเจ็บในนักกีฬา เพื่อประโยชน์ในการวางแผน และ กำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม

นอกจากนี้ Basmajian และ De Luca (1985) ได้กล่าวว่า ประโยชน์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มักนำมาใช้ในทางการกีฬาไว้ มีดังนี้

1. ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการเคลื่อนไหวต่าง ๆ เช่น แรงของกล้ามเนื้อ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์การทำงานของกล้ามเนื้อ เป็นต้น

2. ศึกษาถึงลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก พบว่าความตึงของกล้ามเนื้อ จะมีความสัมพันธ์กับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเชิงเส้นตรง แต่ถ้าการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ใช่แบบไอโซเมตริก พบว่าความสัมพันธ์ ระหว่างคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อกับความตึงของกล้ามเนื้อจะไม่เป็นเชิงเส้นตรง

3. ศึกษาเกี่ยวกับความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ โดยศึกษาจากความถี่และความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้า ถ้าความถี่และความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าลดลง แสดงว่าเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อมัดนั้น

4. ประเมินประสิทธิภาพของการฝึกรูปแบบต่าง ๆ ที่มีต่อกล้ามเนื้อ

ปัจจัยที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

De Luca (1997) ได้กล่าวว่า เมื่อบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบผิว (surface electrode) จะมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. ปัจจัยภายนอก (extrinsic factor) เกี่ยวข้องกับลักษณะของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า ได้แก่

1.1 ลักษณะของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (electrode configuration) ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ หรือรูปร่างของขั้วรับสัญญาณ ซึ่งมีผลต่อจำนวนหน่วยยนต์ที่บันทึกได้ ในขณะกล้ามเนื้อหดตัว ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าที่เหมาะสมควรมีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

1.2 ตำแหน่งของการวางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า (electrode location) การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้ขั้วรับสัญญาณแบบผิวนั้น ตำแหน่งที่วางขั้วรัสัญญาณไฟฟ้า มีผลต่อความสูง (amplitude) และความถี่ (frequency) ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ตำแหน่งที่มีความเหมาะสมในการวางขั้วรับสัญญาณ คือ บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างจุดมอเตอร์ (motor point) กับบริเวณรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (myotendinous junction) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีค่ามากที่สุด โดยใช้ขั้วสัญญาณ 2 ชิ้นวางขนานกันและตั้งฉากกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด

2. ปัจจัยภายใน (internal factor) เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยา โครงสร้างและชีวเคมีของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งส่งผลต่อขนาดของความสูง (amplitude) และความถี่ (frequency) ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ ได้แก่

2.1 จำนวนหน่วยยนต์ (the number of active motor unit) จำนวนหน่วยยนต์ที่ทำงานในขณะกล้ามเนื้อหดตัว มีผลต่อ ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือ ถ้าจำนวนหน่วยยนต์ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวมีจำนวนมาก ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อก็จะมากด้วย

2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – ด่าง ของของเหลวภายในกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว

2.3 การไหลเวียนเลือดภายในกล้ามเนื้อ (blood flow) มีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) และอุณหภูมิ ทำให้มีผลต่อความเร็วในการ

นำศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน และความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ คือ เมื่อการไหลเวียนเลือดภายในร่างกายมีสูงขึ้น ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้จะมากขึ้นด้วย

2.4 ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber diameter) มีผลต่อความเร็วในการนำศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน และความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

2.5 ความลึกและความหนาของชั้นเนื้อเยื่อ มีผลต่อความสูง และความถี่ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เช่น การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่อยู่ลึกมากจะทำให้ค่าความสูงของคลื่นลดลงและถ้าความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังระหว่างกล้ามเนื้อและขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ามาก จะมีผลทำให้ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

De Luca (1997) ได้กล่าวว่า ความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อว่า มีความสัมพันธ์กัน โดยพบว่า ความสูงของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อออกแรงในการหดตัวเพิ่มขึ้น ในกรณีที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก (isometric contraction) คือ กล้ามเนื้อหดตัวโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง Wilmore และ Costill (1999) พบว่า ความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีลักษณะเป็นเส้นตรง ยกตัวอย่างเช่น เมื่อกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ออกแรงหดตัวโดยความตึงภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้ามีค่าเพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และความตึงภายในกล้ามเนื้อนั้นจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ถ้าการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแบบไอโซโทนิก (isotonic contraction) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว อาจทำให้มีการเคลื่อนที่ของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าขณะที่ทำการบันทึกสัญญาณ รวมถึงความไม่คงที่ของหน่วยยนต์ที่ทำงานขณะกล้ามเนื้อหดตัวที่ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าบันทึกได้ ส่งผลให้รูปร่างของสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่บันทึกได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะเป็นเส้นตรงเฉพาะช่วงแรกของการหดตัวของกล้ามเนื้อเท่านั้น ต่อมาแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้ จะไม่มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ยกตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้องอข้อศอก ออกแรงหดตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงที่บริเวณข้อมือเพิ่มขึ้น พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้องอข้อศอกมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความสัมพันธ์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแรงที่บริเวณข้อมือจะไม่เป็นเส้นตรง เนื่องจากโดยส่วนใหญ่ ขนาดของขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มักมีขนาดเล็กกว่ากล้ามเนื้อที่ต้องการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ดังนั้นจำนวนของหน่วยยนต์ที่บันทึกได้ขณะกล้ามเนื้อหดตัวจึงมีจำนวนน้อยกว่าหน่วยยนต์ที่ทำงานจริง เมื่อกล้ามเนื้อออกแรงหดตัวเพิ่มขึ้น จะทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ (recruitment of motor unit) เพิ่มขึ้น ถ้าหน่วยยนต์ใหม่เหล่านั้นอยู่ใกล้กับขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า พบว่า สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะมีค่าเท่ากับแรงที่เกิดจากการหดตัวของ

กล้ามเนื้อจริง แต่ถ้าหน่วยยนต์ใหม่เหล่านั้น อยู่ไกลกับขั้วรับสัญญาณไฟฟ้า พบว่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออาจจะไม่ได้เพิ่มขึ้นตามแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจริง

ค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กัลยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้กล่าวว่า การทำงานของกล้ามเนื้อจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการควบคุมจากระบบประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย จะอยู่ภายใต้อำนาจของจิตใจ กล้ามเนื้อแต่ละมัด มีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงมากมาย เส้นประสาทแต่ละเส้นที่มายังกล้ามเนื้อ จะแตกออกเป็นแขนงย่อยๆไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนมาก เซลล์ประสาทยนต์หนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกหล่อเลี้ยงด้วยประสาทยนต์นั้น ๆ จะประกอบขึ้นเป็นหน่วยยนต์ ขนาดของหน่วยยนต์จะแปรผันไปได้ตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อและงานที่กล้ามเนื้อต้องทำ กล้ามเนื้อที่ต้องทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อกรอกลูกนัยน์ตาหน่วยยนต์หนึ่งหน่วยประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 4 ถึง 5 เซลล์ แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่ไม่ได้ทำงานละเอียด เช่น กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius) หน่วยยนต์หนึ่งหน่วยจะประกอบด้วยกล้ามเนื้อ1,000 ถึง 2,000 เซลล์ อัตราส่วนของเซลล์กล้ามเนื้อกับเส้นประสาทยนต์ที่มาเลี้ยงนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของกล้ามเนื้อ แต่ขึ้นอยู่กับความแม่นยำและความละเอียดของการทำงาน

การหดตัวของกล้ามเนื้อลายปกตินั้น เซลล์กล้ามเนื้อจะไม่หดตัวทีละเซลล์ แต่การทำงานของกล้ามเนื้อนั้น เกิดจากการหดตัวอย่างพร้อมเพรียงกันของกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งเลี้ยงโดยแขนงของเส้นประสาทยนต์เดียวกัน ที่เรียกว่า หน่วยยนต์ ซึ่งหน่วยยนต์ถือเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดและสามารถกระตุ้นให้เกิดการหดตัวได้ หน่วยยนต์แต่ละหน่วยสามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยความแรงของสิ่งกระตุ้นที่แตกต่างกัน ระดับความแรงของสิ่งกระตุ้นที่ทำให้เห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียกว่า threshold หน่วยยนต์ที่มี threshold ต่ำ จะถูกกระตุ้นก่อน ทำให้มีขนาดแรงตึงในกล้ามเนื้อระดับหนึ่ง ถ้าให้ความแรงของสิ่งกระตุ้นสูงพอ ทุกๆหน่วยยนต์จะทำงานพร้อมเพรียงกัน ทำให้ได้แรงตึงที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด เรียกการทำงานร่วมกันของทุก ๆ หน่วยยนต์นี้ว่า การระดมหน่วยยนต์ (summation of motor unit หรือ recruitment of motor unit)

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้า (electrode) ที่ใช้ตรวจวัดกล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดเข็ม (needle electrode) ทำการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้เข็มแทงเข้าไปในกล้ามเนื้อ ซึ่งใช้สำหรับตรวจวัดการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องการความละเอียด เนื่องจากสามารถวัดได้ในแต่ละหน่วยยนต์ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดนี้

ยังเหมาะสำหรับการตรวจวัดกล้ามเนื้อที่อยู่ในชั้นลึก (deep muscle) อีกด้วย ส่วนขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง คือ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว (surface electrode) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโลหะเงิน (Ag) และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ซึ่งทำการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ได้โดยการวางบนผิวหนังหรือกล้ามเนื้อ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้เป็นผลรวมของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากหลายหน่วยยนต์ ซึ่งในทางการกีฬามักใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดนี้มาวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อ

2. แอมปลิไฟเออร์ (amplifier) แอมปลิไฟเออร์ของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใช้ขยายศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อย จึงต้องมีลักษณะดังนี้

2.1 มีกำลังขยายสูง และ สม่ำเสมอตลอดช่วง ของศักย์ไฟฟ้าที่ต้องการตรวจวัด เนื่องจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้น แอมปลิไฟเออร์ จึงต้องมีกำลังขยายสูง และ ขยายสัญญาณได้สม่ำเสมอ

2.2 มีการตอบสนองต่อความถี่ในช่วงกว้าง เนื่องจากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะต้องตรวจวัดศักย์ไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็วถึง 100 ไมโครโวลต์ ในเวลา 1 มิลลิวินาที ถ้าไม่สามารถตรวจวัดได้ทัน จะทำให้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้มีรูปร่างผิดเพี้ยนไปได้ โดยทั่วไปเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้องใช้ช่วงความถี่ 2 - 10,000 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่กว้างมากและสามารถวัดรูปร่างของคลื่นไฟฟ้าได้ครบถ้วน

2.3 มีอัตราส่วนของศักย์ไฟฟ้า ที่ป้อนเข้าต่อกระแสไฟฟ้าที่แอมปลิไฟเออร์สามารถรับได้ (input impedance) สูง เพื่อให้กระแสไฟฟ้าซึ่งมีเพียงเล็กน้อยถูกนำไปขยายในแอมปลิไฟเออร์ได้ และไม่ทำให้สัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้มีรูปร่างที่ผิดเพี้ยนไป และมีอัตราส่วนของศักย์ไฟฟ้าที่ส่งออกต่อกระแสไฟฟ้าที่แอมปลิไฟเออร์สามารถส่งออกได้ (output impedance) ต่ำเพื่อให้สามารถขยายสัญญาณความถี่ที่สูง ๆ ได้ดีขึ้น

2.4 มีความสามารถในการกำจัดสิ่งรบกวนได้มาก (high common mode rejection raito) ขณะทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าอาจรับกระแสไฟฟ้าจากแหล่ง อื่น ๆ ด้วย ถ้าสัญญาณที่ทำการวัดมีค่าน้อยอยู่แล้ว จะเป็นการยากที่จะแยกระหว่างสัญญาณรบกวนและสัญญาณที่ต้องการวัดจริง ดังนั้น แอมปลิไฟเออร์จึงต้องมีความสามารถในการกำจัดสัญญาณรบกวนได้มาก

3. ระบบแสดงและบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เนื่องจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความถี่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหัวใจ จึงไม่สามารถแสดงคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยการใช้ปากกาเขียนลงบนกระดาษ เพราะจะทำให้คลื่นไฟฟ้าที่ได้มีรูปร่างที่ผิดเพี้ยนไป ดังนั้นจึงต้องแสดงคลื่นไฟฟ้าด้วยจอภาพออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

หลักการทำงานของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2528) ได้กล่าวว่า ขณะที่กล้ามเนื้อมีการทำงานนั้น จะเกิดคลื่นไฟฟ้าบนกล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าและจะมากขึ้นถ้ากล้ามเนื้อมีการเกร็งตัวหรือหดตัวมาก ความต่างศักย์ที่วัดได้ที่ผิวหนังของกล้ามเนื้อนี้ จะเป็นผลรวมของการทำงานของหน่วยยนต์ หลายๆหน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมที่กล้ามเนื้อนั้นๆทำ ความต่างศักย์นี้สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1 ไมโครโวลต์ ถึง 5,000 ไมโครโวลต์ โดยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อนี้จะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อผ่านทาง ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าและสายเคเบิล โดยวัดเป็นข้อมูลดิบ(raw emg) ค่าที่วัดได้จะถูกบันทึกในหน่วยความจำ (memory card) ที่สอดเข้าไปที่ตัวเครื่องหลัก (main unit) และข้อมูลจะถ่ายโยงเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลต่อไป ผลรวมของคลื่นไฟฟ้าสามารถตรวจสอบได้จากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

การตรวจวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ภาคจับสัญญาณ โดยใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ติดที่ผิวหนังตรงกับกล้ามเนื้อที่ต้องการจะวัดการทำงาน

2. ภาคขยายสัญญาณ โดยใช้แอมปลิไฟเออร์ เป็นตัวขยายสัญญาณที่ขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ารับมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

3. ภาคกรองสัญญาณ โดยใช้ฟิลเตอร์ เป็นตัวตัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกไป

4. ภาคแสดงสัญญาณ โดยใช้คอมพิวเตอร์แสดงค่าผลของการตรวจวัดออกมาเป็นกราฟและตัวเลข

สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ

หน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อคือการหดตัวให้สั้นเข้าและการหดตัวคงความยาวเดิม กล้ามเนื้อลายยึดกับกระดูกซึ่งมีข้อต่อติดกันโดยเส้นเอ็น เมื่อมีการหดตัวจะดึงกระดูกให้เคลื่อนที่เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การทำงานของระบบกล้ามเนื้อเมื่อออกกำลังกาย

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้กล่าวว่า ระบบกล้ามเนื้อถือได้ว่าเป็นระบบที่สำคัญที่สุดในการออกกำลังกาย เพราะ เป็นตัวจักรสำคัญ ที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อลายซึ่งในร่างกายมีทั้งหมด 792 มัด ถือได้ว่ากล้ามเนื้อลายเป็นอวัยวะที่มีน้ำหนักมากที่สุดในร่างกาย คือประมาณ 40% ของน้ำหนักตัว

ความสัมพันธ์ระหว่างประสาทกับกล้ามเนื้อ

พีระพงศ์ บุญศิริ (2532) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อเป็นส่วนหนึ่ง ที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหว โดยอยู่ในความควบคุมของระบบประสาท ประสาททำหน้าที่สั่งงานเพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานตามภาวะต่าง ๆ สรุปแล้วการเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากกล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นโดยรับคำสั่งมา

จากสมอง ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆของร่างกาย ทำให้กล้ามเนื้อทำงานกันตามหน้าที่ ดังนั้น ประสาทและกล้ามเนื้อย่อมทำงานประสานกันอย่างต่อเนื่อง

กล้ามเนื้อลาย

ราตรี สุดทรวง (2532) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ โดยการทำงานร่วมกับกระดูกเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว กระดูกทำหน้าที่เป็นคานน้ำหนักร่างกาย หรือวัตถุที่ต้องการเคลื่อนไหวเป็นความต้านทาน ข้อกระดูกเป็นจุดรับน้ำหนัก แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นแรงต่อสู้กับความต้านทานเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย

Wilmore และ Costill (1999) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์หรือใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) เป็นจำนวนมากเรียงขนานกันและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อจะยึดติดกับเอ็นซึ่งยึดติดกับกระดูกอีกทีหนึ่ง เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละใยประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อยๆ เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กหรือไมโอไฟบริล (myofibril) ในแต่ละไฟบริลประกอบขึ้นด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยหรือไมโอฟิลาเมนต์ (myofilament) ซึ่งนับว่าเป็นหน่วยย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อมีเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยที่สำคัญอยู่สองชนิด คือ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (thick filament) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (thin filament)

ลายของกล้ามเนื้อ (Striation)

Wilmore และ Costill (1999) ได้กล่าวว่า ลายของกล้ามเนื้อเกิดจากการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและแบบบางอย่างมีระเบียบทำให้เกิดเป็นแถบทึบและจางสลับกันไป เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้แสง (polarized Light) บริเวณทึบแสง (A–band หรือ anisotropic band) เกิดจากการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนาและแบบบาง ส่วนแถบจาง (I–band หรือ isotropic band) จะมีแต่เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางซึ่งอยู่โปร่งแสงกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา แถบจางนี้จะถูกแบ่งครึ่งโดยเส้นทึบ เรียกว่า ซี–ลายน์ (z–line) บริเวณที่อยู่ระหว่าง ซี–ลายน์ สองเส้นเรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (sarcomere) ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของเซลล์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการหดตัว ในบริเวณทึบแสงจะมีแถบจางเรียกว่า เอช–โซน (h – zone) ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางที่ยื่นเข้ามาในบริเวณทึบแสงเลย อย่างไรก็ตามในบริเวณ เอช–โซน นี้จะพบเส้นใย เอส–ไฟบริล (s–fibril) ที่ทำหน้าที่ยึดปลายทั้งสองข้างของเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง นอกจากนี้ ยังพบแถบทึบ (m–line หรือ m–protein) ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวกับการจัดตัวเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา ถ้าตัดบริเวณทึบแสงตามขวางจะพบว่าแต่ละ เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา 1 เส้นถูกล้อมรอบโดยเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบางจำนวน 6 เส้นที่เรียงตัวเป็นรูปหกเหลี่ยม ในกล้ามเนื้อลายของคนจะพบไทรแอด (tri–ad) อยู่บริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณทึบแสงและแถบจาง

ลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อในการหดตัว

ราตรี สุดทรวง (2532) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อเป็นอวัยวะตอบสนองที่สำคัญอันหนึ่งของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อต้องเกิดร่วมกับระบบประสาทเสมอ ในการหดตัวของกล้ามเนื้อมีปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นตามลำดับดังนี้

1. ต้องมีกระแสประสาทเกิดขึ้นในเส้นประสาทด้านก่อนการซิแนป กระแสประสาทนี้จำเป็นสำหรับการหลั่งอะซิทิลโคลีน สู ซิแนป เคล็ฟ

2. อะซิทิลโคลีนจะรวมกับตัวรับที่เป็นโปรตีน ที่เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้มีการเปลี่ยนความสามารถในการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ต่อไอออนต่าง ๆ เกิดดีโพลาไรเซชันของเยื่อหุ้มเซลล์ ถ้าดีพลาไรเซชันไม่มากพอ ก็จะอยู่เฉพาะที่ เอนเพลท ไม่กระจายไปทั่วเซลล์กล้ามเนื้อ เราเรียกว่าเกิดเอนเพลท โพเทนเชียล (end plate potential) ถ้าดีพลาไรเซชันถึงเทรชโฮลด์ก็จะกระจายไปทั่วเยื่อหุ้มเซลล์ รวมทั้งส่วนท่อขวางด้วย ทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานกระจายไปถึงไมโอไฟบริลตรงใจกลางเซลล์กล้ามเนื้อ

3. ต้องมีกระบวนการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานเป็นพลังงานกล ได้แก่ การหดตัวของกล้ามเนื้อ กระบวนการเปลี่ยนพลังงานนี้ เรียกว่า เอ็กไซด์เทชัน คอนเทรกชัน คลับพลิง (excitation contraction coupling, E–C coupling)

4. ไมโอฟิลาเมนต์จะต้องเลื่อนเข้าหากัน ไอ แบนด์ จะแคบลง ส่วน เอ แบนด์ จะมีขนาดคงตัว ในการหดตัวนี้กล้ามเนื้อได้ใช้พลังงานจากเมทาบอลิสซึมหลายชนิด

5. ต้องมีกระบวนการที่ทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อให้กล้ามเนื้อกลับสู่สภาพก่อนทำงาน

กระบวนการคลายตัวของกล้ามเนื้อ

ราตรี สุดทรวง (2532) ได้กล่าวว่า ในระหว่างที่มีดีโพลาไรเซชันผ่านที ทูบูล (t–tubule) จะทำให้มีการหลั่งแคลเซียมออกมาจาก เทอมินอล คิสเทอเน(terminal cisternae) ของซาร์โคพลาสมิก เรติกคูลลัม (sarcoplasmic reticulum) ทำให้เกิดการหดตัวดังกล่าวแล้ว หลังจากนั้นการกระตุ้นหยุดลง แคลเซียมจะกลับคืนสู่ซาโคพลาสมิค เรติกคูลลัม โดยกระบวนการแคลเซียมปัมพ์ ซึ่งต้องใช้พลังงาน ในกระบวนการนี้แคลเซียมจะหลุดออกมาจาก ไมโอไฟบริลไปเกาะกับผนังของซาโคพลาสมิค เรติกคูลลัม ที่ผนังของซาโคพลาสมิค เรติกคูลลัม มีเอนไซม์ เอทีพีเอส ย่อย เอทีพี ให้พลังงานสูบเอาแคลเซียมที่รวมตัวกับผนังของซาโคพลาสมิค เรติกคูลลัม ให้เข้าไปอยู่ในลูเมนของซาร์โคพลาสมิค เรติกคูลลัม และจากนั้นจะกลับคืนสู่ที่เดิมที่ เทอมินอล คริสเทอเน เมื่อขาดแคลเซียมเข้าไปในไมโอไฟบริล สะพานเชื่อมก็แยกตัวออก และเอนไซม์ แอ็คโตไมโอซิน เอทีพีเอส (enzyme actomyosic ATPase) ก็จะไม่ทำงาน กล้ามเนื้อก็คลายตัวกลับสู่สภาพปกติ

แหล่งพลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ราตรี สุดทรวง (2532) ได้กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานสำหรับการหดตัวและคลายตัว ซึ่งได้มากจาก เอทีพี ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากการเผาผลาญของคาร์โบไฮเดรทและไขมัน เอทีพีเมื่อสลายตัวแล้วจะให้ความร้อนถึง12,000 แคลอรี และจะสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่ จากสมการ ดังนี้

$$ATP + H_2O \longrightarrow ADP + H_2PO_4 + energy$$

$$ADP + \text{creatine phosphate} \xrightarrow{\text{creatine kinase}} ATP + \text{creatine}$$

ในกล้ามเนื้อมีเอนไซม์ ครีเอทีน ไคเนส (creatine kinase) ซึ่งจะช่วยเร่งปฏิกิริยา รีฟอสโฟรีเลชัน (rephosphorylation) ของ เอดีพี ดังสมการด้านบน

การสลายคาร์โบไฮเดรทนั้นจะให้พลังงานและช่วยในการสังเคราะห์สารครีเอทีน ฟอสเฟทกับเอทีพีขึ้น เมื่อน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดไปสู่เซลล์แล้วตัวมันจะเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิค นอกจากนี้ยังมีพวกกลัยโคเจนอยู่มากมายในกล้ามเนื้อและที่ตับ ถ้ามีออกซิเจน กรดไพรูวิคจะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด วิธีการนี้เรียกว่า แอโรบิก กลัยโคลัยซิส (aerobic glycolysis) ตามสมการ

$$\text{Glucose} + 2\,ATP \xrightarrow{\text{aerobic}} 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 40\,ATP$$

$$\text{Glucose} + ATP \xrightarrow{\text{aerobic}} 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 40\,ATP$$

ถ้าไม่มีออกซิเจน กรดไพรูวิคที่เกิดจากกลูโคสก็จะไม่เข้า ไซตริก แอซิด ไซเคิล (citic acid cycle) แต่จะกลายเป็นกรดแลคติก กระบวนการนี้ เรียกว่า แอนแอโรบิก กลัยโคลัยซิส (anaerobic glycolysis) ตามสมการ

$$\text{Glucose} + 2\,ATP \xrightarrow{\text{anaerobic}} 2\,\text{lactic acid} + 4\,ATP$$

$$\text{Glucose} + ATP \xrightarrow{\text{anaerobic}} 2\,\text{lactic acid} + 4\,ATP$$

Fleck และ Kramer (1987) ได้กล่าวว่า แหล่งพลังงานสุดท้ายที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ เอทีพี (adenosine triphosphate or ATP) และแหล่งพลังงานแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 แหล่งพลังงานเอทีพี – ซีพี (ATP–CP energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อและพร้อมที่จะให้พลังงานได้ในทันที และไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงาน จึงเรียกว่า เป็นแหล่งพลังงานแอนแอโรบิก (anaerobic source of energy) แต่ปริมาณของเอทีพีที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อนั้นมีปริมาณที่จำกัด ดังนั้นปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้จึงจำกัดไปด้วย ซึ่งสามารถใช้พลังงานได้ภายใน 30 วินาทีหรือน้อยกว่า แต่มีสิ่งที่เป็น

ข้อได้เปรียบจากแหล่งพลังงานนี้ คือ สามารถนำพลังงานมาใช้ได้ทันที และพลังงานนั้นเกิดขึ้นในปริมาณที่มาก ในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้น แหล่งพลังงานนี้จึงใช้ในรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาต่าง ๆ ในการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานเอทีพี – ซีพีนั้นจะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วหรือออกแรงอย่างมากในเวลาอันสั้นเอทีพี – ซีพีก็จะหมดไป และเมื่อมีการหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี – ซีพี ไว้ในกล้ามเนื้ออีก ตามระยะเวลาดังนี้ การใช้เวลาพัก 20 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 50 % การใช้เวลาพัก 40 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 75 % การใช้เวลาพัก 60 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 87 % การใช้เวลาพัก 3 – 4 นาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 100 %

ชนิดที่ 2 แหล่งพลังงานกรดแลคติก (lactic acid energy source) คาร์โบไฮเดรตจะถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อในรูปกลัยโคเจน (glycogen) กลัยโคเจนประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำตาลที่เรียกว่า กลูโคส (glucose) เมื่อโมเลกุลของกลูโคสแบ่งตัวออกเป็น 2 ส่วน ทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่า ไพรูเวท (pyruvate) และพลังงานที่ปล่อยออกมาจากโมเลกุลของกลูโคสแต่ละโมเลกุลจะได้ 2 เอทีพี ส่วนไพรูเวทจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก กระบวนการนี้ไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงานออกมา และเรียกกระบวนการทั้งหมดนี้ว่า แอนแอโรบิก กลัยโคไลซีส (anaerobic glycolysis)

กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแอนแอโรบิกกลัยโคไลซีสนี้ จะถูกสะสมไว้ในเลือดและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลข้างเคียงตามมาก็คือ ถ้ากรดแลคติกเกิดขึ้นมาก ก็จะมีผลต่อจุดเชื่อมระหว่างเส้นประสาทกับเส้นใยกล้ามเนื้อ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการปวดคล้ายถูกเข็มแทง ในขณะเดียวกันภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งเป็นการรบกวนกระบวนการเคมีภายในเซลล์ รวมทั้งกระบวนการผลิตเอทีพีอีกด้วย ดังนั้น ปริมาณและพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้จึงมีความจำกัดอันเนื่องมาจากผลข้างเคียงของกรดแลคติกดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานกรดแลคติกนี้ มีปริมาณมากกว่าที่ได้จากแหล่งพลังงานเอทีพี – ซีพี แต่ก็ไม่สามารถให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อในปริมาณที่มากและในเวลาที่รวดเร็วเหมือนกับแหล่งพลังงานเอทีพี – ซีพี ดังนั้น แหล่งพลังงานกรดแลคติกจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันที่ใช้เวลาประมาณ 1 – 3 นาที

ชนิดที่ 3 แหล่งพลังงานออกซิเจน (oxygen energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการผลิตเอทีพี มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหล่งพลังงานแอโรบิก (aerobic energy source) แหล่งพลังงานนี้ เกิดจากการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยปกติในขณะพักนั้น ปริมาณเอทีพีทั้งหมดที่ร่างกายต้องการจะได้รับจากการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันประมาณ 2 ใน 3 และได้รับจากการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตประมาณ 1 ใน 3 เมื่อมีการออกกำลังกายจะมีการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

เรื่อย ๆ ในขณะที่มีการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันลดลงเรื่อย ๆ เช่นกัน การเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ออกซิเจนนี้ เริ่มต้นเหมือนกับกระบวนการ แอนแอโรบิก กลัยโคลัยซีส แต่เนื่องจากมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ สารประกอบไพรูเวทที่เกิดขึ้นจึงไม่เปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก แต่จะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่าวงจรเคร็บ (kreb's cycle) และการขนส่งอิเล็คตรอน (electron transport) ในขั้นตอนสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) น้ำ และเอทีพี ซึ่งกลัยโคไลซีส 1 โมเลกุลจะได้ 39 เอทีพี ส่วนการเผาผลาญอาหารประเภทไขมันจะแตกต่างออกไป โดยจะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่ เรียกว่า เบตา ออกซิเดชัน(bata oxidation)และเข้าสู่วงจรเคร็บโดยตรงในขั้นตอนสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเอทีพีเช่นเดียวกัน ปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายได้รับ และปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายนำไปใช้ได้ ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปจะใช้เป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบแหล่งพลังงานอีก 2 ชนิดแล้ว แหล่งพลังงานออกซิเจนจะให้พลังงานได้ช้าที่สุด ดังนั้น แหล่งพลังงานออกซิเจน จึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานานที่มีความหนักในระดับต่ำ และปริมาณที่ไม่จำกัดตราบเท่าที่ยังมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและอาหารประเภทไขมันในร่างกาย

องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

Sharkey และ Gaskill (2006) ได้เสนอองค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อไว้ดังนี้

1. ความแข็งแรง (strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพื่อให้ทำงานได้อย่างเต็มที่ในการออกแรงหนึ่งครั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกชนิดกีฬาเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรจะสร้างความแข็งแรงให้เหมาะสมกับทักษะและรูปแบบของกีฬานั้น ๆ ดังนั้น การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรคำนึงถึงอันดับแรก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นต้น

2. พลังกล้ามเนื้อ (power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ออกแรงได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วทำให้เกิดงานในระดับสูง พลังแสดงออกมาให้เห็นในรูปของงานที่ทำ Sharkey และ Gaskill (2006) ได้เสนอความสัมพันธ์ของงาน (work) กับความแข็งแรง (strength) และอัตราเร็ว (velocity) ไว้ดังนี้

	work	=	force × distance
	power	=	work / time
	velocity	=	distance / time
ดังนั้น	power	=	(force × distance) / time
หรือ	power	=	strength × velocity

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscle endurance and power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยปราศจากความอ่อนล้า หรือมีอาการอ่อนล้าน้อยที่สุด แต่ละชนิดกีฬาต้องการความทนทานของกล้ามเนื้อไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรมีรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละชนิดกีฬา

3.2 พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งได้ในระยะเวลาหนึ่งด้วยความเร็ว เช่น จำนวนครั้งที่นักกีฬาทำได้ในเวลาที่จำกัด กีฬาที่ใช้ความหนักระดับปานกลางในเวลาที่จำกัด (medium load over a few minutes) ได้แก่ กีฬามวยปล้ำจำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง (medium – term power endurance) กีฬาที่ใช้ความหนักระดับเบาในเวลาที่จำกัด (light load over a few minutes) ได้แก่ นักวิ่งระยะยาว นักปั่นจักรยานระยะไกล เทนนิส ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล บาสเก็ตบอล แบดมินตัน เป็นต้น จำเป็นต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อที่ยาวนาน (long – term power endurance) ส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อที่ออกแรงในระยะสั้น (short put) เช่น การเตะลูกฟุตบอล จังหวะในการตีลูกเทนนิส ต้องการพลังความอดทนของกล้ามเนื้อน้อย (short – term power endurance)

4. ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว และความเร็ว (reaction time, quickness and speed)

4.1 ปฏิกิริยาตอบสนอง หมายถึง ช่วงระยะเวลาระหว่างที่มีการกระตุ้นและปฏิกิริยาตอบสนองครั้งแรกต่อการกระตุ้น ปฏิกิริยาตอบสนองในที่นี้อยู่ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจโดยการสั่งการจากระบบประสาทได้รับสิ่งเร้าแล้วสั่งการลงมาที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น เวลาที่นักกีฬาเบสบอลตีลูกเบสบอล

4.2 ความไว หมายถึง การตอบสนองของสิ่งกระตุ้นในช่วงระยะอันสั้น เช่น ในการก้าวเท้าหนึ่งถึงสองก้าว ในกีฬาวอลเลย์บอลมีการใช้ความไวมาก เช่น จังหวะในการขึ้นบล็อก การเข้าไปตีลูก เช่นเดียวกับกีฬาเทนนิสที่ต้องใช้ความไวเหมือนกัน

4.3 ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้โดยใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด

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

5.1 การทรงตัวอยู่กับขณะเคลื่อนที่ (dynamic balance)

5.2 การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (static balance)

6. ความอ่อนตัว (flexibility) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะยืดออกและสามารถหดเข้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่มุมหรือข้อต่อในส่วนต่างๆของร่างกายสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับความอ่อนตัว ซึ่งความอ่อนตัวนี้สามารถพัฒนาได้จากการฝึกความยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั่นเอง

7. ความคล่องแคล่วว่องไว (agility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การพัฒนาความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ พลังความอดทนของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยาตอบสนอง ความไว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย และความอ่อนตัวให้ดีขึ้น ก็จะส่งผลทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นตามไปด้วย

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Baker (2001) ได้กล่าวว่า ความหนักที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีสองลักษณะคือ

1. จำนวนครั้งที่ยกได้มากที่สุด (repetition maximum)

2. เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (% of 1RM)

ส่วนความหนักที่ใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็อาจใช้ในลักษณะเปอร์เซ็นของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด ดังนั้น ความหนักที่ใช้ในการฝึกก็คือ ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ทำได้สูงสุด

Sharkey และ Gaskill (2006) ได้เสนอโปรแกรมในการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดังนี้

ช่วงแรกของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (beginner)

ความหนัก	50 – 60 %	ของ 1RM
จำนวนชุดการฝึก	1 – 2	ชุด
จำนวนครั้ง	10 – 15	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลาง	
ความถี่ในการฝึก	1 – 2	ครั้งต่อสัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่วงระยะสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (intermediate)

ความหนัก	60 – 70 %	ของ 1RM
จำนวนชุดการฝึก	2 – 3	ชุด
จำนวนครั้ง	8 – 12	ครั้ง
ความเร็วในการยก	ปานกลางถึงเร็ว	
ความถี่ในการฝึก	2 – 3	ครั้งต่อสัปดาห์

ช่วงระยะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (advance)

ความหนัก	80 – 100 %	ของ 1RM
จำนวนชุดการฝึก	2 – 4	ชุด
จำนวนครั้ง	1 – 6	ครั้ง
ความเร็วในการยก	เร็ว	
ความถี่ในการฝึก	3 – 5	ครั้งต่อสัปดาห์

พลังกล้ามเนื้อ

ในการแข่งขันกีฬานั้น นักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนากล้ามเนื้อของตน เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการแข่งขันซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬา Bompa (1993) ได้สรุปรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ดังนี้

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

พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80 – 100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6 – 8 เท่าของน้ำหนักตัว ซึ่งในขณะลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ากระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อนั้นจะทดงานแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมต่างๆ

2. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง (throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง อุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิด ต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้น

ตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (take – off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่มีการกระโดดนั้น ต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (explosive) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งยอตัวลงมากก็จะต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลงและมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้นๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่านั้นก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่าง ๆ และกีฬาที่ใช้แร็คเก็ต ที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทาง ต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมาก ซึ่งกล้ามเนื้อจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่ง จำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6. พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำ ต่างก็มีสถานการณ์ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมากจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber) ด้วยกันทั้งสิ้น

Wilk; et al. (1993) ได้กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อ คือศักยภาพของนักกีฬา โดยมีพื้นฐานอยู่ที่ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดภายในระยะเวลาอันสั้นที่สุด นอกจากนี้ ปัจจัยสำคัญ คือ ความแข็งแรง และความเร็วที่จะส่งผลให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริมอีก 3 ประการคือ

1. การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม
2. การประสานงานกันที่ดีระหว่างระบบประสาท และกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว
3. ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ

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

Newton และ Kraemer (1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ หมายถึง การที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้ง ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการแสดงความสามารถในกิจกรรมที่ต้องการการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด ในขณะที่พยายามออกแรงเพื่อจะให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นมากที่สุด จะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรง และเร่งความเร็วในระยะเวลาอันสั้น

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้เสนอแนะการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดกล้ามเนื้อ คือ

1. ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (slow velocity strength)
2. ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (high velocity strength)
3. อัตราพัฒนาแรง (rate of force development)
4. วงจรเหยียดตัวออก – หดตัวสั้นลง (stretch – shortening cycle)
5. การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่รวมการทำงาน และทักษะของการเคลื่อนไหว (intermuscular coordination)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป จึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้น ยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีฝึกแบบต่างๆเข้าด้วยกัน ไม่ใช่การฝึกด้วยน้ำหนัก หรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

ชนิดของกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ

Wilmore และ Costill (1999) ได้มีการจำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยพิจารณาจากลักษณะงานที่ทำในแง่ของสรีรวิทยา ซึ่งแต่เดิมพิจารณาจากสีของเส้นใยกล้ามเนื้อ โครงร่าง หรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายมี 3 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ ชนิด 1 (type I) และเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิด 2 เอ และชนิด 2 บี (type IIa และ type IIb) ตามลำดับ จำแนกตามลักษณะการทำงานของทั้ง 3 ชนิด คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวช้าและต้องใช้ออกซิเจนในการหดตัว (slow oxidative fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสโอ (so fiber) หรือ เอสที (st fiber)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็วและต้องใช้ออกซิเจนรวมทั้งกูลโคสในการหดตัว (fast oxidative glycolytic fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟโอจี (fog fiber) หรือ เอฟทีเอ (fta fiber)

3. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่าง หรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็วและต้องใช้กลูโคสช่วยในการหดตัว (fast glycolytic fiber) เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟจี (fg fiber) หรือ เอฟทีบี (ftb fiber)

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างแบบเอสที ความสามารถในการผลิตพลังแบบแอโรบิกได้สูง ทั้งนี้เพราะว่าเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที มีจำนวนของไมโตคอนเดรียในจำนวนมาก ตลอดจนมีเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรตนี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเข้ามาช่วย เนื่องจากบริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที มีเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสทีมีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นที่บริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างลายหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสทีจึงมีออกซิเจนจำนวนเพียงพอสำหรับการแตกสลายไขมันและคาร์โบไฮเดรต

เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสที ไม่มีความสามารถในการผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิก หรือพลังงานที่ช่วยให้กล้ามเนื้อโครงร่าง หรือลายหดตัวอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะว่าเส้นใยกล้ามเนื้อของโครงร่างหรือลายแบบเอสที มีไกลโคลเจนสะสมอยู่น้อยมากตลอดจนมีความสามารถน้อยในการที่จะสร้างพลังงานโดยการแตกสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก

สรุปชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่มีทั้งเส้นใยเอสที และเอฟที

2. ชนิดของเส้นใยต่างกันจะมีเอทีพีเอส ต่างกันด้วยเอทีพีเอส ในเส้นใยเอฟทีมีปฏิกิริยาเร็วกว่า ให้พลังงานเร็วกว่าน้ำย่อย เอทีพีเอสในเส้นใยเอสที

3. เส้นใยเอฟที มีการพัฒนาขั้นสูงของซาร์โคพลาสมิกเร็คติคูลัม เพื่อเพิ่มพูนการขนส่งแคลเซียมที่ต้องการในการทำงานของกล้ามเนื้อ

4. เซลล์ประสาทยนต์ที่หน่วยยนต์เส้นใยเอฟทีใหญ่กว่าและส่งกระแสไปยังเส้นใยได้มากกว่าหน่วยยนต์ของเส้นใยเอสที จึงทำให้เส้นใยเอฟทีหดตัวได้อย่างมากและให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าเส้นใยเอสที

5. สัดส่วนของเส้นใยเอสทีและเอฟที ในแขนและขาของมนุษย์จะคล้ายคลึงกันมาก

6. เส้นใยเอสที มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ยาวนานและเหมาะสมกับกิจกรรมที่ต้องใช้อดทน และความหนักต่ำๆ

7. เส้นใยเอฟทีบี มีความเหมาะสมกับกิจกรรมหนักๆที่ไม่ใช้ออกซิเจน

8. เส้นใยเอฟทีเอ เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบพลังระเบิด

ในการทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งเราสามารถแบ่งกลุ่มของกล้ามเนื้อตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

1. กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (agonistic or prime movers) ได้แก่ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เฉพาะในการหดตัวและเกิดการเคลื่อนไหวอย่างแท้จริงจะเกิดขึ้นใกล้ ๆ กับจุดที่กล้ามเนื้อเกาะอยู่

2. กล้ามเนื้อที่ทำงานตรงกันข้าม (antagonist) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หย่อนหรือคลายตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกหดตัว หรือหดตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกคลายตัว

3. กล้ามเนื้อที่อยู่กับที่ (fixator muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยตรึงส่วนต้นของกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวให้อยู่กับที่ ฉะนั้น เมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มนั้นหดตัวก็จะมีการเคลื่อนไหวเฉพาะอีกปลายหนึ่งเท่านั้น

4. กล้ามเนื้อที่ร่วมทำงาน (synergists) คือ กล้ามเนื้อที่ช่วยควบคุมหรือบังคับข้อต่อต่างๆ ไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหว ที่ไม่จำเป็นในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวกำลังทำงานอยู่

Chu (1996) ได้กล่าวว่า ในร่างกายมนุษย์มีเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่สองชนิด ชนิดที่หนึ่ง คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้เร็ว แบ่งออกเป็น ชนิด type IIa และชนิด type IIb ซึ่งสามารถออกแรงสูงสุดได้ในระยะเวลาอันสั้น เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานแบบใช้ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ ความแตกต่างของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วทั้งสองชนิดนี้ คือ ชนิด type IIa มีความอดทนในการหดตัวมากกว่า ในขณะที่ ชนิด type IIb มีความเร็วในการหดตัวมากกว่า ซึ่งชนิด type IIb จะหดตัวก่อน เมื่อเกิดความเมื่อยล้าแล้ว ชนิด type IIa ก็จะหดตัวแทนต่อไป ชนิดที่สอง คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้ช้า เรียกว่า ชนิด type I ซึ่งสามารถออกแรงเกือบสูงสุดได้ในระยะเวลานาน เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานแบบใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ยังมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type IIc ซึ่งสามารถพัฒนาให้ทำงานได้ทั้งแบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้เร็วและเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้ช้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะช่วยให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว และในแรงระเบิด ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคงและท่าทางในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวใด ๆ ทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของกล้ามเนื้อ

คุณลักษณะ	ชนิดหดตัวช้า	ชนิดหดตัวเร็วแบบ บี	ชนิดหดตัวเร็วแบบ เอ
สีของเส้นใย	สีแดงเข้ม	สีแดง	สีขาว
ระบบพลังงาน	เผาผลาญแบบใช้ออกซิเจน	เผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน	ทั้งสองแบบ
กระบวนการเผาผลาญ	สลายฟอสเฟตโดยออกซิเจน	สลายไกลโคเจน	ทั้งสองแบบ
การหดตัว	หดตัวช้าแต่ทำต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน	หดตัวได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาไม่นาน	หดตัวได้รวดเร็วและทนทาน
ลักษณะของกิจกรรม	กิจกรรมไม่หนักมากและและเป็นกิจกรรมที่ทำเป็นเวลานาน	กิจกรรมที่ใช้ความแรงและความรวดเร็วเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ	กิจกรรมที่หนักใช้ความรวดเร็วและเวลานาน

O'shea (2000) ได้ให้ข้อเสนอว่า ในการพัฒนาความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อโดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น จะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (athletic – type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนช (power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (power clean) ท่าพูล (pulls) และท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (squat) ซึ่งล้วนเป็นท่าฝึกที่ใช้การยืนเป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก คุณค่าของการใช้ท่าเหล่านี้คือ ความสามารถที่จะเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการ ขี่จักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด พุ่ง ทุ่ม ขว้าง และตี โดยที่กล้ามเนื้อออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาแต่ละชนิด ซึ่งท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานั้นจะพัฒนาระบบประสาทสรีรวิทยา (neurophysiologic system) และระบบประสาทจิตวิทยา (neuropsychological system) ซึ่งหาไม่ได้จากการฝึกเพาะกาย หรือการฝึกโดยใช้เครื่องมือฝึกด้วยน้ำหนักทั่วๆไป

นอกจากนั้นยังได้แบ่งกล้ามเนื้อออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟ (slow twitch oxidative)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟ (fast twitch oxidative) หรือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่อดทนต่อความเมื่อยล้า (fast twitch fatique resistant)

3. เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบกลัยโคลัยติก (fast twitch glycolytic) หรือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่เมื่อยล้าได้ง่าย (fast twitch fatique)

การทำงานของกล้ามเนื้อ (types of muscle action)

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลาย แบ่งออกเป็นได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. การทำงานแบบไอโซเมตริก (isometric muscle action)
2. การทำงานแบบไอโซโทนิก (isotonic muscle action)
3. การทำงานแบบไอโซคิเนติก (isokinetic muscle action)
4. การทำงานแบบคอนเซ็นตริก และเอ็คเซ็นตริก (concentric muscle action และ eccentric muscle action)

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดนี้เป็นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้องตลอดจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความยาว (หรือถ้าเปลี่ยนก็เปลี่ยนน้อยมาก) ของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายที่หดตัว อย่างไรก็ดี การตึงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะมากขึ้น

ด้วยเหตุนี้การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบไอโซเมตริก จึงไม่ทำให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหว ซึ่งผลก็คือ ทำให้ไม่มีงานเกิดขึ้นในแง่ของฟิสิกส์ เนื่องจากไม่มีระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือลายแบบไอโซเมตริกยังจะเกิดขึ้น ในช่วงสั้น ๆ ของการเล่นกีฬาบางประเภท เช่น ในระหว่างช่วงต้นของการกระโดดค้ำ หรือในขณะที่นักยิมนาสติกอยู่บนราวคู่ เป็นต้น

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิก

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายชนิดนี้ เป็นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่าง หรือลายที่มีการเปลี่ยนแปลงมุมในข้อต่อที่เกี่ยวข้องในลักษณะที่มีน้ำหนักคงที่ใช้สำหรับเป็นส่วนประกอบ ซึ่งน้ำหนักคงที่ ได้แก่ น้ำหนักของผู้ฝึก น้ำหนักของดัมเบลล์ และน้ำหนักของบาร์เบลล์ เป็นต้น

คำว่า ไอโซโทนิก หมายถึง การตึงตัวที่เท่ากัน (equal tension) แต่การตึงตัวที่เท่ากันนี้ไม่ได้หมายความถึงการตึงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลาย เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะมีการตึงตัวต่างกันที่มุมต่าง ๆ ของข้อต่อซึ่งมีการเคลื่อนไหวตามน้ำหนักจากภายนอกที่มีค่าคงที่ เพราะฉะนั้นการตึงตัวที่เท่ากัน หมายถึง การตึงตัวที่เท่ากันของน้ำหนักภายนอกที่มีค่าคงที่ตลอดมุมข้อต่อที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหว การหดตัวแบบไอโซโทนิกจะทำให้มีงานเกิดขึ้นในแง่ของฟิสิกส์ ทั้งนี้เนื่องจากมีระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติก

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า คำว่า ไอโซคิเนติก หมายถึงความเร็วที่เท่ากัน (equal speed) ฉะนั้น การทำงานแบบนี้ จึงหมายถึง การที่มุมของข่อต่อเปลี่ยนด้วยอัตราความเร็วคงที่ เช่น 360 องศาต่อหนึ่งวินาที 180 องศาต่อหนึ่งวินาที เป็นต้น ซึ่งในการที่จะทำให้ความเร็วคงที่ได้นั้น ความหนักของงานหรือแรงต้านทานของการเคลื่อนไหวจะต้องเปลี่ยนที่มุมต่างๆ ของข้อต่อซึ่งสามารถที่จะปฏิบัติได้โดยการใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงมาก เช่น เครื่องมือที่เรียกว่า ไอโซคิเนติก แมชชีน (isokinetic machine) หรือเครื่องมืออะไรก็ตามซึ่งสามารถตั้งความเร็วของการเคลื่อนไหวได้คงที่ตลอดมุมของข้อต่อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวโดยการปรับเพิ่มหรือลดความหนักของงานได้ตลอดมุมต่างๆของข้อต่อ

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และเอ็คเซ็นตริก

Lamb (1984) ได้กล่าวว่า การหดตัวแบบไอโซโทนิก และการหดตัวแบบไอโซคิเนติก อาจจะแบ่งประเภทเป็นการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก หรือเอ็คเซ็นตริกก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายหดตัวสั้นลงหรือยาวขึ้นระหว่างการเคลื่อนไหว

ตัวอย่างการหดตัวแบบไอโซโทนิกได้แก่ การดึงข้อ เป็นต้น ในขณะดึงข้อขึ้นเส้นใยกล้ามเนื้อโครงร่างหรือเส้นใยกล้ามเนื้อลายที่ใช้ในการงอข้อศอก ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อไบเซบส์งอหดตัวสั้นลงและมุมของข้อศอกจะลดลงจากมุม 180 องศา ไปจนถึงบางทีเป็นมุม 15 องศาเป็นต้น การที่กล้ามเนื้อหดตัวสั้นลงนี้เรียกว่า การหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ในทางตรงข้ามเมื่อปล่อยตัวลงจากการดึงข้อ กล้ามเนื้อที่ช่วยในการงอข้อศอกจะยืดตัวยาวขึ้น การยืดตัวออกของกล้ามเนื้อไบเซบส์นี้จะทำให้มุมของข้อต่อค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งกลับคืนสู่ระดับมุ 180 องศา การที่กล้ามเนื้อยืดตัวยาวขึ้นนี้ เรียกว่า การหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก

อาจสรุปได้ว่า การหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก คือ กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก คือ กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวลดลง

Karp (2001) ได้ให้ความเห็นว่า เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าในขณะที่กล้ามเนื้อทำงานอย่างรวดเร็ว เมื่อการทำงานอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อขา

Weineck (1990) ได้วิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปหาน้อยตามลำดับดังนี้ กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อแอ็คดัคเทอะ แมกนัส (adductor magnus)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (semitendinosus)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (gluteus medius)
- กล้ามเนื้อควอดราทัส ฟีมอรีส (quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดหัวเข่า ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส (rectus femoris)
- กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส (vastus medialis)
- กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (vastus lateralis)
- กล้ามเนื้อวาสตัส อินเตอร์มีเดียส (vastus intermedius)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ฮอลลูซีส ลองกัส (flexor hullucis longus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ดิจิทอรัม ลองกัส (flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทีเบียลิส โพสทีเรีย (tibialis posterior)

Weineck (1990) ได้สรุปผลจากการวิเคราะห์กล้ามเนื้อว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก มีกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุดในร่างกาย มีหน้าที่หลักคือการเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะหยุด ในกลุ่มกล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอริส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุด มีหน้าที่เหยียดเข่า ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ เรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียลิส กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส และกล้ามเนื้อวาสทัส อินเตอร์มีเดียส โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอริส ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้ว ยังทำหน้าที่เหยียดสะโพกอีกด้วย ส่วนใหญ่กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้นมีกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้า เพื่อยกส้นเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด

จากข้อสรุปของ Weineck (1990) จะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดด การเคลื่อนที่ และหยุด จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการฝึกด้วยน้ำหนัก เพื่อพัฒนาความแข็งแรง และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อเหล่านี้ จะต้องใช้ความหนักในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานได้

พลังกล้ามเนื้อขาทั้งหมดที่ใช้ในการกระโดดขึ้นในแนวดิ่งนั้น มาจาก

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

ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการเลือกท่าฝึกที่เหมาะสมกับท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

Umberger (1998) ได้สรุปกายวิภาคของขาที่แสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงสองประการซึ่งมีความเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้พลังกล้ามเนื้อขา

1. กล้ามเนื้อของขาหลายมัดที่ทอดข้ามข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อต่อ ซึ่งมีกล้ามเนื้อที่สำคัญได้แก่ เรคตัส ฟีมอรีส แกสตรอคนีเมียส แฮมสตริงส์ ซึ่งประกอบด้วย เซมิเมมเบรโนซัส เซมิเทนดิโนซัส และไบเซพส์ ฟีมอรีส

2. น้ำหนักส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ใกล้กับลำตัวซึ่งก็คือสะโพก น้ำหนักส่วนน้อยของกล้ามเนื้อขาจะตกอยู่ใกล้กับข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวซึ่งก็คือเข่ากับข้อเท้า ดังนั้น ในการทำงานของขา จึงมีการถ่ายโยงพลังจากกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณสะโพกไปยังกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณเข่าและข้อเท้า เพื่อเป็นการชดเชยลักษณะทางกายวิภาคที่ถูกกำหนดขึ้นมาตามธรรมชาติให้กล้ามเนื้อบริเวณข้อต่อที่อยู่ไกลจากลำตัวนั้นมีน้ำหนักน้อย

ในการกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อขามัดต่างๆจะทำงานต่อเนื่องกันเริ่มจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่าและกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ตามลำดับจนกว่าเท่าจะพ้นพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อดังกล่าวจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น ก่อนจะหดตัวแบบความยาวลดลงอย่างรวดเร็ว

กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ทอดข้ามข้อสะโพกและเข่าทางด้านหน้า มีหน้าที่งอสะโพกและเหยียดหัวเข่า

กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ ทอดข้ามสะโพกและเข่าผ่านทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดสะโพกและงอเข่า

กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส ทอดข้ามเข่าและข้อเท้าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดข้อเท้าและงอเข่า

Umberger (1998) ได้กล่าวว่า ในขณะที่เริ่มต้นออกแรงเพื่อที่จะกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งนั้น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส จะออกแรงเพื่อเหยียดเข่า แต่เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อ จึงมีการออกแรงเพื่องอสะโพกในเวลาเดียวกัน ส่วนกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์จะออกแรงเพื่อเหยียดสะโพก ก็จะมีการออกแรงเพื่องอเข่าในเวลาเดียวกัน การทำงานเช่นนี้เป็นไปในลักษณะที่ปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีความยาวลดลง ดังนั้น กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จะทำงานด้วยความเร็วต่ำ จึงเกิดแรงมาก และสามารถถ่ายโยงไปยังเข่าได้ ส่วนกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียสซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อเช่นเดียวกัน ก็จะมีการถ่ายโยงแรงไปยังข้อเท้าด้วย จากการวิเคราะห์ตามหลักชีวกลศาสตร์ พบว่าในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดเข่านั้น ได้รับการถ่ายโยงมาจากข้อสะโพก โดยผ่านกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส เป็นปริมาณ 21% และในปริมาณพลังกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ใช้ในการเหยียดข้อเท้านั้น ได้รับการถ่ายโยงมากจากเข่าโดยผ่านกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียสเป็นปริมาณ 25%

นอกจากนั้น Umberger (1998) ได้เสนอแนะว่า การที่จะวัดพลังกล้ามเนื้อที่ข้อต่อแต่ละข้อนั้น คงจะไม่ถูกต้องถ้าใช้การวัดโดยให้ข้อต่อแต่ละข้อทำงานเป็นอิสระต่อกัน และให้แนวคิดที่น่าเชื่อถือว่า วิธีการฝึกที่จะนำมาใช้นั้นจะต้องเลียนแบบหรือเหมือนกับกิจกรรมที่จะกระทำจริง ๆ ซึ่งถ้าจะพัฒนาความสามารถในการกระโดดขึ้นไปแนวดิ่ง ก็จะต้องใช้ท่าฝึกที่ใช้กล้ามเนื้อขามัดต่างๆทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ได้แก่ ท่าเพาเวอร์คลีน ท่าเพาเวอร์สแนทช์ ท่าแฮงค์คลีน หรือพลัยโอเมตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการยกกับความหนักที่คิดเป็น % ของ 1 RM

ในส่วนของการฝึกด้วยน้ำหนักนั้น ได้มีผู้ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการยกกับความหนักที่คิดเป็น % ของ 1 RM ได้แก่ Wathen (1994), Bompa (1998) และ Baechle, Earle และ Wathen (2000) สรุปเป็นตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนครั้งของการยกกับความหนักที่คิดเป็น % ของ1 RM

จำนวนครั้ง	% ของ 1 RM		
	Wathen (1994)	Bompa (1998)	Baechle, Earle and Wathen (2000)
1	100	100	100
2	93.5	95	95
3	91	-	93
4	88.5	90	90
5	86	-	87
6	83.5	85	85
7	81	-	83
8	78.5	80	80
9	76	-	77
10	73.5	75	75
11	-	-	70
12	-	-	67
15	-	-	65

จากตาราง แสดงให้เห็นว่า Baechle, Earle และ Wathen ได้สรุปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการยกกับความหนักที่คิดเป็น % ของ1 RM ได้ทันสมัยที่สุด และนอกจากนั้นตัวเลขยังตรงกับ Bompa ในปี ค.ศ. 1998 อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

Chu (1996) กล่าวว่า ถึงแม้จะถือได้ว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมากกว่าเส้นใยที่หดตัวได้ช้าก็ตาม แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็ว จะช่วยให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วในลักษณะแรงระเบิด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคง และท่าทางของนักกีฬาในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ Chu (2004) ได้ให้คำแนะนำในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก ดังนี้ ให้ฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้ความหนักในการฝึกระดับสูง ซึ่งจะเป็นการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวมาก (type IIb) และยังฝึกให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (type IIa) ได้ทำงานแบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหัวตัวเร็วมาก (type IIb) โดยการย่อตัวลงอย่างช้า ๆ จนเข่าทำมุมที่ต้องการ แล้วค้างไว้นับจนถึง 6 วินาที จุดที่ค้างไว้เรียกว่า จุดเดสเซ็นท์ (descent phase) ในการทำท่าแบกน้ำหนัก (squat) ทำการฝึก 6 – 8 ครั้งในหนึ่งเซต ฝึกอย่างน้อย 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นในช่วงที่เราค้างน้ำหนักไว้ (hold) ในท่าหรือมุมที่เราต้องการ และอาจทำให้ความเร็วมากขึ้นจากการที่เราฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีความเร็วในการหดตัวเร็วมาก (type IIb) ซึ่งสอดคล้องกับ Dudley และ Fleck (1987) ที่ว่าการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกนอกจากจะช่วยทำให้มวลของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (fast – twitch)

Frank (1989) ได้กล่าวว่า การทำงานของแบบเอ็คเซ็นตริกร่วมกับการทำงานแบบไอโซเมตริกด้วยความหนักสูงสุดจะช่วยสามารถพัฒนาความแข็งแรงแบบคอนเซ็นตริกได้ ความหนักที่ใช้ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกยังไม่ปรากฏแน่ชัดในงานวิจัย แต่ในการทดลองส่วนใหญ่ใช้ความหนักของการฝึกอยู่ที่ 105 – 175 % ของ 1 RM ตัวอย่างเช่น นักกีฬาสามารถยกน้ำหนักด้วยท่าแบกน้ำหนักแล้วย่อตัวลง 90 องศา (squat) ได้สูงสุด 100 กิโลกรัม น้ำหนักที่ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกอยู่ในช่วง 105 – 175 กิโลกรัม ในการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควรคำนึงถึงความปลอดภัยและน้ำหนักที่ใช้ควรอยู่ในน้ำหนักที่นักกีฬาสามารถรับน้ำหนักได้จนจบการทดลอง

Schmidtbleicher (1992) ได้เสนอแบบฝึกเอ็คเซ็นตริกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

ความหนัก	110 – 150	ของ 1 RM
จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึก	5	ครั้ง
จำนวนชุดการฝึก	3	ชุด
ระยะเวลาพัก	3	นาที

Bompa (1999) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับหลักการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกว่า นักกีฬาควรมีการฝึกความแข็งแรงอย่างน้อย 3 – 5 ปี และในการฝึกนักกีฬาไม่ควรฝึกคนเดียว ควรมีผู้ฝึกสอนคอยดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะใช้น้ำหนักในการฝึกที่มาก เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ในการฝึก และสิ่งที่สำคัญคือผู้ฝึกสอนควรเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้านตรงข้ามกับที่ฝึกโปรแกรมเอ็คเซ็นตริกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของนักกีฬา บอมพาได้เสนอรูปแบบโปรแกรมเอ็คเซ็นตริก ดังนี้

ความหนัก	110 – 160	ของ 1 RM
จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึก	1 – 4	ครั้ง
จำนวนชุดการฝึก	3 – 5	ชุด
ความเร็วที่ใช้ในการยก	ช้า	
ระยะเวลาพัก	3 – 6	นาที
ความถี่ในการฝึก	1 – 2	ครั้ง/สัปดาห์

มัดกล้ามเนื้อที่จะทำการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อเลือกมัดกล้ามเนื้อที่จะทำการศึกษา โดยผู้วิจัยได้เลือกกล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (quadriceps femoris muscles) เป็นจำนวนทั้งสิ้น 3 มัด ซึ่งแต่ละมัดกล้ามเนื้อจะมีหน้าที่แตกต่างกัน Agur และ Lee (1999) มัดกล้ามเนื้อที่เป็นตัวแทนกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (quadriceps femoris muscle) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (rectus femoris) มีจุดเกาะต้นบริเวณ straight head; anterior inferior iliac spine; reflected head; ilium above acetabulum มีจุดเกาะปลายบริเวณ quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี femoral nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่ เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่ารวมถึงการงอข้อสะโพก (extension of leg at knee joint; flexes thigh at hip joint)

2. กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส (vastus medialis) มีจุดเกาะต้นบริเวณ upper end and shaft of femur; medial deep fascial septum มีจุดเกาะปลายบริเวณ quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี femoral nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่ เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่าและรักษาความมั่นคงของกระดูกสะบ้า (extension of leg at knee joint; stabilizes patella)

3. กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (vastus lateralis) มีจุดเกาะต้นบริเวณ upper end and shaft of femur; medial deep fascial septum มีจุดเกาะปลายบริเวณ quadriceps tendon into patella then via ligamentum patellae into tubercle of tibia มี femoral nerve เป็นเส้นประสาทที่ควบคุม ทำหน้าที่ เหยียดขาที่บริเวณข้อเข่า (extension of leg at knee joint)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

กนกพร จันทวร (2542) ได้ศึกษาและหาความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขนไหล่ และหลังส่วนบน ระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะแตกต่างกันและยกน้ำหนักด้วยความหนักที่ต่างกันโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงจำนวน 5 คน และนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่า จำนวน 9 คน จากนักยกน้ำหนักเยาวชนทีมชาติไทย และนักยกน้ำหนักเยาวชนชาย โรงเรียนกีฬาจังหวัดนครศรีธรรมราชตามลำดับ ให้นักยกน้ำหนักทั้งสองกลุ่มยกน้ำหนักในท่าสแนทช์ ด้วยความหนัก 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง บันทึกภาพการเคลื่อนไหวและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไว้ แล้ววิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยค่า ที ที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ช่วงมีดังนี้ ช่วงที่ 1 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบนในการยกบาร์เบลล์จากพื้นถึงเข่า ช่วงที่ 2 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบน กล้ามเนื้อไหล่ และกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า ทำงานประสานกันเพื่อยกบาร์เบลล์จากเข่าถึงเอว ช่วงที่ 3 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อไหล่ กล้ามเนื้อหลังส่วนบน และกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง ยกบาร์เบลล์ให้ชูขึ้นเหนือศีรษะ ช่วงที่ 4 นักยกน้ำหนักใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบน และกล้ามเนื้อไหล่ตรึงบาร์เบลล์ที่อยู่เหนือศีรษะให้มั่นคง เมื่อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ยกเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่านักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูง มีการทำงานของกล้ามเนื้อไหล่ กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลังเพิ่มมากขึ้น ส่วนนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่ามีการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อทุกมัด ยกเว้นกล้ามเนื้อหลังส่วนบน นั่นก็คือ เมื่อน้ำหนักที่ใช้ยกมีมากขึ้นและมีทักษะมากขึ้น พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อทำงานมากขึ้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องฝึกยกน้ำหนักด้วยน้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุดเมื่อนักกีฬามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพียงพอเพื่อช่วยให้สามารถใช้กล้ามเนื้อและทักษะที่ถูกต้องในแต่ละช่วงของการยกน้ำหนักท่าสแนทช์

เรณู พรหมเนตร (2542) ได้ศึกษาและหาค่าความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อขา ร่วมกับการเคลื่อนไหว 2 มิติของขา ระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะแตกต่างกันและยกน้ำหนักด้วยความหนักที่แตกต่างกัน สุ่มนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูง จำนวน 5 คน และนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่า จำนวน 9 คน จากนักยกน้ำหนักเยาวชนทีมชาติไทย และนักยกน้ำหนักเยาวชนชาย โรงเรียนกีฬาจังหวัดนครศรีธรรมราชตามลำดับ ให้นักยกน้ำหนักทั้งสองกลุ่มยกน้ำหนักในท่าสแนทช์ ด้วยความหนัก 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้เพียง 1 ครั้ง บันทึกภาพการเคลื่อนไหวและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไว้ หลังจากนั้นจึงแบ่งคลื่นไฟฟ้า

กล้ามเนื้อและภาพการเคลื่อนไหว 2 มิติที่บันทึกได้จากการยกท่าสแนทช์ ออกเป็น 4 ช่วง เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยค่า ที ที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ยก คลื่นไฟฟ้าและการเคลื่อนไหว 2 มิติ ในแต่ละช่วงมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ช่วงที่ 1 เริ่มจากท่าเริ่มต้นถึงสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะที่ 1 พบว่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของทั้งสองกลุ่มมีค่ามากขึ้น ร่วมกับมีการเพิ่มการเหยียดสะโพกและเข่า ผลที่ได้ในช่วงที่ 2 ซึ่งเริ่มจากสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะหนึ่งถึงสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะสอง เหมือนกับในช่วงที่ 1 นอกจากนี้ ยังพบว่ามีการเหยียดข้อสะโพกและเข่าด้วยความเร็วเชิงมุมที่มากขึ้นด้วย ช่วงที่ 3 เริ่มจากสิ้นสุดการดึงบาร์เบลล์ในจังหวะที่สองถึงการดึงด้วยแขนและนั่งลงรับบาร์เบลล์ พบว่านักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงมีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากขึ้น รวมทั้งการงอสะโพกมีค่ามากขึ้น และลดความเร็วเชิงมุมในการงอเข่า ช่วงที่ 4 เป็นท่าสิ้นสุด เริ่มจากสิ้นสุดท่านั่งรับบาร์เบลล์จนกระทั่งยืนขึ้นพบว่านักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงมีคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากขึ้น รวมทั้งเหยียดสะโพกและเข่ามากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักยกน้ำหนักที่มีทักษะสูงกับนักยกน้ำหนักที่มีทักษะต่ำกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อน้ำหนักที่ใช้ยกมากขึ้นและมีทักษะที่มาก พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว 2 มิติของขามีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องฝึกยกน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและทักษะในการยกน้ำหนัก

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

1. การฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การฝึกเชิงซ้อน มีผลต่อการพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การฝึกเชิงซ้อนและการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิกของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว มากกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศราวุฒิ คุณาธรรม (2549) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อน โดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริกแตกต่างกัน ที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 36 คน อายุระหว่าง 18 – 22 ปี เริ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา 2 สัปดาห์ โดยการทำการฝึกน้ำหนักโดยใช้ท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 135 องศา จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสามกลุ่ม กลุ่มละ 12 คน โดยแบ่งการฝึกออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกตามโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริกไม่เกิน 30 วินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกตามโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 1 – 2 นาที กลุ่มทดลองที่ 3 ฝึกตามโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 3 – 4 นาที โดยใช้เวลาการฝึกทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ และทุกคนจะฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยจะทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า ที วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวโดยทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยหลังการทดลอง 6 สัปดาห์พบว่า

1. การฝึกเชิงซ้อน โดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก และ การฝึกพลัยโอเมตริกไม่เกิน 30 วินาที การฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 1 – 2 นาที และการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 3 – 4 นาที มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกพลัยโอเมตริกไม่เกิน 30 วินาที การฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 1 – 2 นาที และการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริก 3 – 4 นาที มีผลต่อการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา พลังความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้นก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Hakkinen (1985) ได้ศึกษากลไกของการปรับตัวของระบบประสาทที่เนื่องมาจากการฝึกโดยการตรวจวัด IEMG ของ กล้ามเนื้อเหยียดเข่า ภายหลัง resistance training เป็นเวลา 24 สัปดาห์ โดยใช้การกระโดด ผู้รายงานลงความเห็นว่าการเพิ่ม IEMG ในขณะออกแรงเต็มที่นั้นเป็นผลของการเพิ่มการระดมหน่วยยนต์มาใช้เพิ่มมากขึ้น และ เพิ่มความถี่การทำงานของหน่วยยนต์นั้น ๆ ด้วย

Colliander และ Tesch (1990) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกฝึกแบบคอนเซ็นตริก และกลุ่มที่สองฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก โดยวัดจากการกระโดดในแนวดิ่ง และการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายสุขภาพดี จำนวน 22 คน มีประสบการณ์ในการฝึกยกน้ำหนัก แบ่งการฝึกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (con) ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2. กลุ่มเอ็คคอน (eccon) ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

ผลปรากฏว่ากลุ่มเอ็คคอน มีความแข็งแรงมากกว่า กลุ่มคอน ทั้งกลุ่มคอน และกลุ่มเอ็คคอน มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (slow-twitch) 7 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มเอ็คคอน มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (fast-twitch) แต่ในกลุ่มคอน ไม่มีการเพิ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว

Hortobagyi (1996) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยทำการทดลองในผู้หญิงอายุเฉลี่ย 21.5 ปี จำนวน 42 คน โดยแบ่งการฝึกออกเป็น 3 เงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (con) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก

2. กลุ่มเอ็ค (ecc) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

3. กลุ่มนอน (non) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 14 คน ไม่ต้องทำการฝึก ดำเนินชีวิตตามปกติ

ผลปรากฏว่ากลุ่มเอ็ค (ecc) สามารถพัฒนาความแข็งแรงได้มากกว่ากลุ่มคอน (con) คือสามารถเพิ่มได้ 42 % และ 36 % ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Gur (2002) ทำการทดลองเกี่ยวกับการทำกิจวัตรประจำวัน ได้แก่ เดิน การลุกขึ้นจากเก้าอี้ การเดินขึ้น-ลงบันไดในผู้ที่ข้อเข่าเสื่อมทั้ง 2 ข้าง (osteoarthrosis of both knees) โดยทำการฝึกที่คำนึงถึงการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก หดตัวแบบคอนเซ็นตริก และหดตัวแบบไอโซคิเนตริก ทำการฝึกในผู้สูงอายุที่เข่าเสื่อม อายุประมาณ 41 – 75 ปี จำนวน 23 คน โดยแบ่งการฝึกเป็นสามเงื่อนไข ดังนี้

1. กลุ่มคอน (con) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 9 คน ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก

2. กลุ่มคอน-เอ็ค (con – ecc) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 8 คน ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริก

3. กลุ่มนอน (non) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 6 คน ไม่ต้องทำการฝึก ใช้ชีวิตตามปกติ

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

McHugh; et al. (2002) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของรูปแบบการทำงานระหว่างการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกและคอนเซ็นตริกของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ที่ระดับความหนักของการหดตัวขนาดต่าง ๆ ทำการวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส จากกลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 10 คน ระหว่างการเหยียดเข่ากับเครื่องไอโซคิเนติก (1.05 เรเดียนต่อวินาที) ศึกษาการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งสองแบบ จากความหนักของการหดตัวที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด นอกจากนี้ ยังทำการศึกษาการหดตัวแบบไอโซเมตริกจากการงอข้อเข่า 70 องศาที่ระดับความหนักต่าง ๆ ด้วย ค่าเฉลี่ยความถี่และ RMS ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะนำมาคำนวณ

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความถี่ของการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกจะสูงกว่าการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ที่ความหนัก 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 75 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับความหนัก 100 เปอร์เซ็นต์ของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ค่าเฉลี่ยความถี่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความหนักของการหดตัวในการหดตัวแบบไอโซเมตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ

การหดตัวแบบคอนเซ็นตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ไม่พบในการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก (P = 0.27) ค่าแอมพลิจูด ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความหนักของการหดตัวซึ่งคล้ายคลึงกันในแต่ละแบบของการหดตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0001 สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยความถี่ของการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกที่สูงกว่าแบบคอนเซ็นตริกที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด เกิดจากการทำงานของหน่วยยนต์ชนิดหดตัวเร็วระหว่างการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกอย่างสม่ำเสมอ

Hilliard และ Robertson (2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและดูมวลของกล้ามเนื้อ คำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งการฝึกออกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้

1. ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

2. ทำการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรง

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

Garrison; et al. (2004) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบรากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (RMS) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง ของร่างกายที่ถูกกำหนดในการศึกษาครั้งนี้ ที่จุดเริ่มกระทบและที่จุดสูงสุดของการหมุนเข้าด้านในของข้อเข่าในจังหวะของการลงสู่พื้น ระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับวิทยาลัยที่มีสุขภาพสมบูรณ์ จำนวน 16 คน อายุเฉลี่ย 20.8 ปี แบ่งเป็นชาย 8 คน และหญิง 8 คน ทำการทดลองโดยการกระโดดลงสู่พื้นจากกล่องที่มีความสูง 60 เซนติเมตร คนละ 5 รอบ ข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะบันทึกบริเวณกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน 4 มัด คือ กล้ามเนื้อกลูเตียส มีเดียส กล้ามเนื้อเลเทอรอล แฮมตริงส์ กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส และกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กลไกการทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อเข่าจะถูกคำนวณจากแผ่นวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น และ ข้อมูลทางด้านคิเนเมติคส์ จะถูกคำนวณจากระบบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของบริษัท ไวคอน (Vicon) การเปรียบเทียบระหว่างเพศใช้สถิติ MANOVA

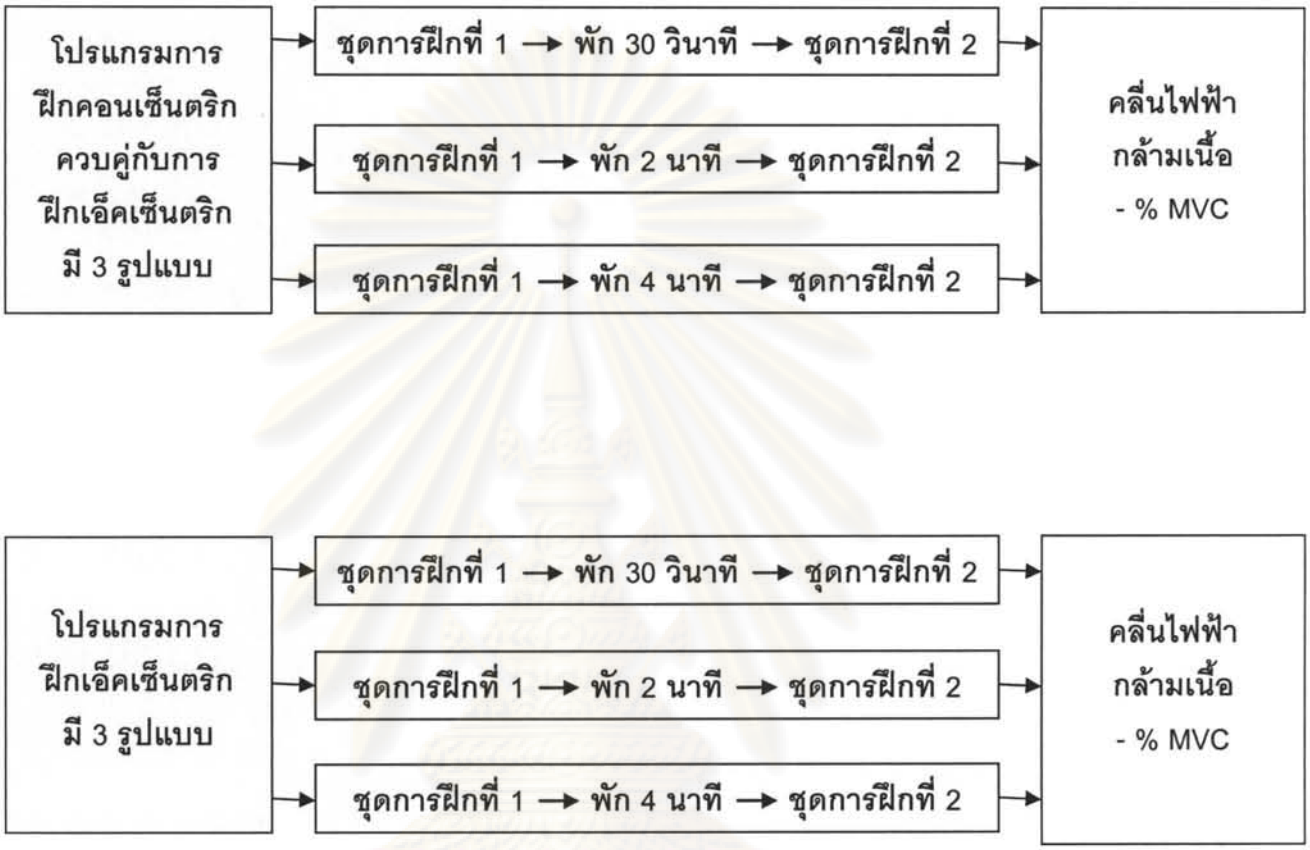
ผลการศึกษาพบว่า เมื่อศึกษารากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อที่พิจารณาในเวลาพร้อม ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงที่จุดเริ่มกระทบและที่จุดสูงสุดของการหมุนเข้าด้านในของข้อ

เข่าในจังหวะของการลงสู่พื้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสรุปว่านักกีฬาฟุตบอลในระดับวิทยาลัยทั้งเพศชายและหญิงมีลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อขณะลงสู่พื้นที่คล้ายคลึงกัน

Gissis; et al. (2004) ได้ทำการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ บริเวณรยางค์ส่วนล่างของร่างกายในนักกีฬาฟุตบอล โดยมีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงปริมาณ และ เปรียบเทียบความแข็งแรงชนิดต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อบริเวณรยางค์ส่วนล่างในนักกีฬาฟุตบอลระดับสมัครเล่นจากทีมท้องถิ่นในระดับการแข่งขันที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการฝึกซ้อมที่ดี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลระดับสมัครเล่นจำนวน 30 คน (ค่าเฉลี่ยอายุ 22.5 ± 0.5 ปี, น้ำหนักตัว 81.8 ± 4.2 กิโลกรัม, ส่วนสูง 1.80 ± 0.05 เมตร) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 15 คน ประกอบไปด้วยนักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่สูงกว่า และกลุ่มที่ 2 จำนวน 15 คน ประกอบไปด้วยนักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่ต่ำกว่า ทำการวัดโดยดูแรงต้านที่ทำให้เกิดการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก ซึ่งมีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อข้อเข่าและข้อเท้า จากท่าทางการเคลื่อนไหวในท่านั่งถีบยันเท้า ข้อมูลเกี่ยวกับแรงจะถูกบันทึกโดย force plate ของบริษัทคิสทเลอร์ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส) กล้ามเนื้อไบเซ็ฟส์ ฟีมอริส กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส กล้ามเนื้อโซเลียส และกล้ามเนื้อทีเบียอาลิส ถูกบันทึกโดยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น MYOSYSTEM 2000 การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1. การหดตัวแบบไอโซเมตริก 2. การหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก 3. การหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ในแต่ละระยะค่าแรงเฉลี่ยและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดจะนำไปวิเคราะห์ โดยค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามจะเทียบเป็นค่าร้อยละของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการศึกษาพบว่า แรงสูงสุดในช่วงของการหดตัวแบบไอโซเมตริก เท่ากับ 1,956.5 (± 231.2) นิวตัน ในช่วงการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก เท่ากับ 2,254.9 (± 398.8) นิวตัน และในช่วงการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก เท่ากับ 1,738.7 (± 284.3) นิวตัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างการหดตัวแบบไอโซเมตริก และการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก โดยที่การหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริก มีค่าสูงกว่า ระหว่างการหดตัวแบบไอโซเมตริก และการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก โดยที่การหดตัวแบบคอนเซ็นตริก มีค่าสูงกว่า การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างกันทั้งการหดตัวแบบไอโซเมตริก เอ็คเซ็นตริก และคอนเซ็นตริก สำหรับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัดกล้ามเนื้อนั้นไม่พบความแตกต่าง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่สูงกว่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงกว่านักฟุตบอลจากระดับท้องถิ่นที่ต่ำกว่า สามารถสรุปได้ว่าเป็นผลจากการหดตัวแบบเอ็คเซ็นตริกสูงสุด การเพิ่มขึ้นของระดับแรงต้านไม่ได้มีผลทำให้ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มันเป็นการรวมลักษณะของการยืดหยุ่นและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก และ ขณะฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 20 ปี จำนวน 14 คน โดยการเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยแบบเจาะจง (Purposively sampled) โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย และเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยออกจากการวิจัย ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ โดยประเมินแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (physical activity readiness questionnaire, par – q) ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องตอบว่า ไม่เคย ทุกข้อจึงจะสามารถผ่านเกณฑ์
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย และยินดีทำการลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
3. ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่มีประวัติเป็นโรคหรือพยาธิสภาพที่มีผลต่อกล้ามเนื้อขา
4. ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่มีความผิดปกติของขา
5. ความยาวขาของผู้เข้าร่วมการวิจัยเท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย

1.1 แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม ไม่เกิน 5 นาที

1.2 หนังสือแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 อุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส (leg press machine) ผลิตโดยบริษัท มาราธอน (ประเทศไทย) จำกัด, ประเทศไทย

2.2 เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ELVY® ผลิตโดย Diter Elektroniikka Oy, Kaarina, Finland

2.3 เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6 [Sampling Rate 64 kS/Sec (aggregate), Bandwidth 20±5 Hz to 450±50 Hz, 20 dB/oct, CMRR >80 dB] ผลิตโดย Delsys Incorporated, United States of America

2.4 โปรแกรมการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (signal acquisition and analysis software) ผลิตโดย Delsys Incorporated, United States of America

3. โปรแกรมการฝึก 6 แบบ

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนต้องทำการทดสอบในท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา ทำชุดละ 4 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ชุดการฝึก ด้วยโปรแกรมการฝึก 6 แบบ ดังนี้

3.1 โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก 90 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

3.2 โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก 90 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

3.3 โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก 90 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

3.4 โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก 110 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

3.5 โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก 110 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

3.6 โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก 110 % ของ 1RM โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวันเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขออนุญาตใช้สถานที่ และ อุปกรณ์ ของศูนย์ทดสอบวิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ระหว่างวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ.2552 ถึง วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2552 เวลา 8.00 – 9.00 น.

2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ ที่ใช้ในการวิจัย

3. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ตารางการฝึก ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ชี้แจงขั้นตอน และวิธีการทดสอบโดยละเอียดแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย

5. นำผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 14 คน ทำการทดสอบก่อนการทดลอง โดยทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (1RM test) ในท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา ด้วยขาขวาเพียงข้างเดียว ก่อนการทดลอง

6. หาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า โดยใช้ เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ELVY®

7. หาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยให้กล้ามเนื้อทำงานในลักษณะไอโซเมตริก คือ เกร็งค้างไว้ 5 วินาที เมื่อได้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เป็นคลื่นดิบ แล้วจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (signal acquisition and analysis software) คำนวณหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ค่าสูงสุดที่ได้จะเปรียบเทียบให้เป็นค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (100% MVC) ก่อนทำการฝึกในทุกโปรแกรม

8. ชี้แจงขั้นตอนการฝึก และวิธีการฝึกโดยละเอียดแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา โดยการฝึกจะเว้นระยะในการฝึกแต่ครั้ง 1 สัปดาห์เพื่อป้องกันผลกระทบจากโปรแกรมการฝึกที่มีต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ใน 6 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะได้รับโปรแกรมการฝึก 6 แบบ โดยไม่ทราบมาก่อนว่าในแต่ละสัปดาห์ จะได้รับโปรแกรมการฝึกแบบใด ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องจับฉลากโปรแกรมการฝึกที่เหลือของตน ในทุกสัปดาห์ที่ทำการฝึก เพื่อเป็นการลดอคติของการวิจัยจากผลของโปรแกรมการฝึกทั้ง 6 แบบ

9. ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องทำตามโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งก่อนและหลังการฝึกและทำตามโปรแกรมการฝึกที่จับฉลากได้ในแต่ละสัปดาห์

10.วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะทำการฝึกในทุกโปรแกรม ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง โดยค่าที่ได้สูงสุดจะแสดงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อที่หดตัวได้มากที่สุดหรือการระดมหน่วยยนต์ที่มากที่สุดในการออกแรงครั้งนั้น จากนั้นทำการแปลงค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองเป็นค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดโดยเปรียบเทียบจากค่า 100% MVC เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลตามระเบียบทางสถิติ

11.สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean)

2. วิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

3. เปรียบเทียบผลของการทดสอบทุกรายการภายในกลุ่ม โดยการทดสอบค่า "ที" (pair t-test)

4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. เอกสารสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย (participant information sheet) มีการให้ข้อมูลอย่างเพียงพอ เป็นภาษาที่เข้าใจง่าย เนื้อหากระชับ หลีกเลี่ยงภาษาวิชาการ

2. หนังสือแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย (informed consent Form) ต้องมีข้อความที่แสดงว่าได้รับการบอกกล่าวถึงลักษณะโครงการวิจัยซึ่งรวมถึงข้อความที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องปฏิบัติ ระยะเวลาเข้าร่วมโครงการ ความสมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย และการรักษาความลับของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

3. ผู้วิจัยจะต้องสำเนาเอกสารสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย (participant information sheet) และหนังสือยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย (informed consent form) ให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย 1 ชุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังแสดงขั้นตอนการทำวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ในท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา ก่อนการทดลอง และผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะฝึก 6 โปรแกรม คือ โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก ที่มีระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที จากการทดลอง ทั้ง 6 สัปดาห์ ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ในการคำนวณหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลตามระเบียบทางสถิติ แล้วจึงนำผลวิเคราะห์เสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ความยาวขา และค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของขาขวาข้างเดียว ในท่านั่งถีบยันเท้าจากมุมที่เข่า 90 องศา ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ก่อนการทดลอง

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกทั้ง 6 แบบ

ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกทั้ง 6 แบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ ความยาวขา และค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของขาขวาข้างเดียว ในท่านั่งถีบยันเท้าจากมุมที่เข่า 90 องศา ของผู้เข้าร่วมการวิจัย ก่อนการทดลอง

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ ความยาวขา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (ขาขวาข้างเดียว) ของผู้เข้าร่วมการวิจัย

คุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย	$\bar{X}$ (n = 14)	S.D.
อายุ (18 – 20 ปี)	19.07	0.73
ความยาวขา (85 – 86.8 เซนติเมตร)	85.71	0.57
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของขาขวาข้างเดียว	0.95	0.08

จากตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของผู้เข้าร่วมการวิจัยเท่ากับ 19.07 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0 .73 ความยาวขาเท่ากับ 85.71 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกทั้ง 6 แบบ

ตารางที่ 4 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของ กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	81.878	7.097	-.992	.339
ชุดการฝึกที่ 2	83.639	5.745		

$p > .05$

จากตารางที่ 4 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 81.878 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.097 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 83.639 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.745

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	86.577	8.650	-.217	.831
ชุดการฝึกที่ 2	86.970	7.788		

$p > .05$

จากตารางที่ 5 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 86.577 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.650 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 86.970 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.788

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	89.340	5.249	-.394	.700
ชุดการฝึกที่ 2	90.011	5.363		

$p > .05$

จากตารางที่ 6 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 89.340 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.249 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 90.011 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.363

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	81.981	7.888	2.305	.038*
ชุดการฝึกที่ 2	76.440	10.044		

* $p < .05$

จากตารางที่ 7 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 81.981 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.888 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 76.440 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.044

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	87.287	9.697	4.965	.000*
ชุดการฝึกที่ 2	78.031	9.608		

* $p < .05$

จากตารางที่ 8 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 87.287 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.697 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 78.031 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.608

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิสระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	89.932	7.338	3.524	.004*
ชุดการฝึกที่ 2	82.111	9.935		

* $p < .05$

จากตารางที่ 9 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 89.932 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.338 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 82.111 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.935

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	86.150	5.673	3.965	.002*
ชุดการฝึกที่ 2	76.011	13.002		

* $p < .05$

จากตารางที่ 10 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 86.150 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.673 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 76.011 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.002

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	88.635	7.163	3.943	.002*
ชุดการฝึกที่ 2	80.165	10.905		

* $p < .05$

จากตารางที่ 11 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 88.635 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.163 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 80.165 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.905

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	88.535	5.868	2.808	.015*
ชุดการฝึกที่ 2	82.785	9.144		

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัสมีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 88.535 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.868 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 82.785 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.144

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัสเลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.640	8.697	.402	.694
ชุดการฝึกที่ 2	71.597	12.573		

$p > .05$

จากตารางที่ 13 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.640 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.697 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 71.597 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 12.573

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.362	11.028	.805	.411
ชุดการฝึกที่ 2	70.775	13.335		

$p > .05$

จากตารางที่ 14 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.362 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.028 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 70.775 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.335

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.535	10.030	1.096	.293
ชุดการฝึกที่ 2	70.680	13.762		

$p > .05$

จากตารางที่ 15 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.535 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.030 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 70.680 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.762

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.145	9.678	3.598	.003*
ชุดการฝึกที่ 2	65.140	10.741		

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.145 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 9.678 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 65.140 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.741

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.544	11.663	1.136	.276
ชุดการฝึกที่ 2	70.113	14.926		

$p > .05$

จากตารางที่ 17 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.544 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.663 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 70.113 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.926

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.143	12.470	2.796	.015*
ชุดการฝึกที่ 2	65.565	12.388		

* $p < .05$

จากตารางที่ 18 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.143 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 12.470 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 65.565 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 12.388

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.962	11.502	3.146	.008*
ชุดการฝึกที่ 2	65.613	13.827		

* $p < .05$

จากตารางที่ 19 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.962 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.502 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 65.613 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.827

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	71.390	16.889	2.418	.031*
ชุดการฝึกที่ 2	64.105	17.074		

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 71.390 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 16.889 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 64.105 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 17.074

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที

ชุดการฝึก	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ชุดการฝึกที่ 1	72.905	13.279	2.556	.024*
ชุดการฝึกที่ 2	67.380	13.181		

* $p < .05$

จากตารางที่ 21 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ในชุดการฝึกที่ 1 เท่ากับ ร้อยละ 72.905 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.279 และชุดการฝึกที่ 2 เท่ากับ ร้อยละ 67.380 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 13.181

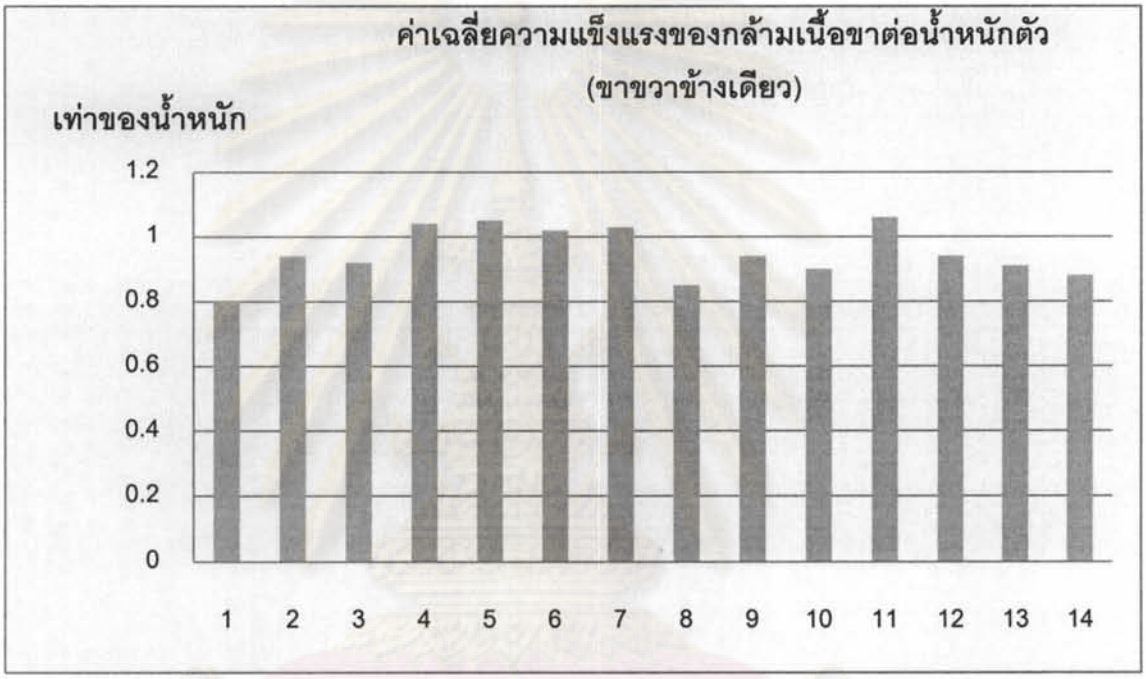
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แสดงว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที มีผลทำให้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

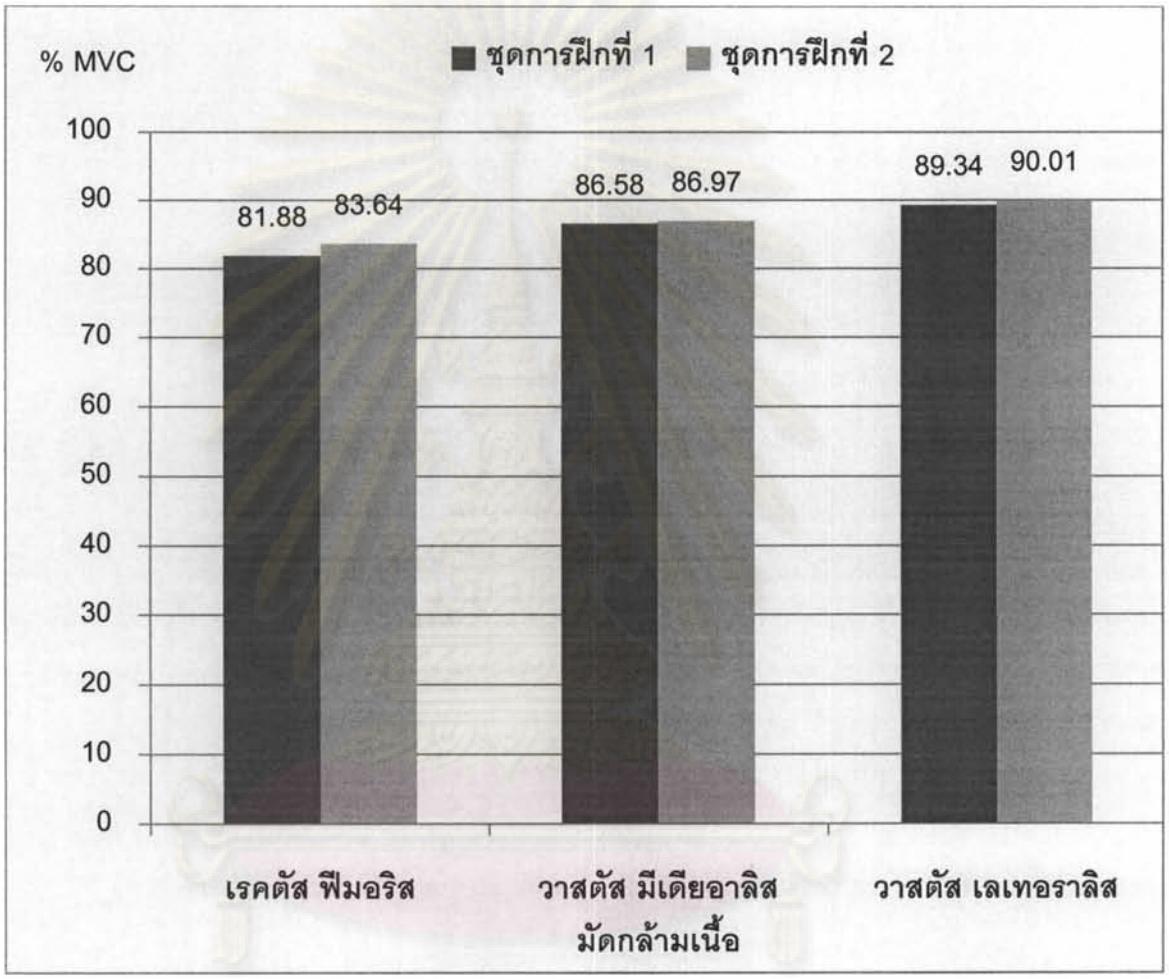
ตอนที่ 3 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกทั้ง 6 แบบ

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวของขาขวาข้างเดียวของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 14 คน



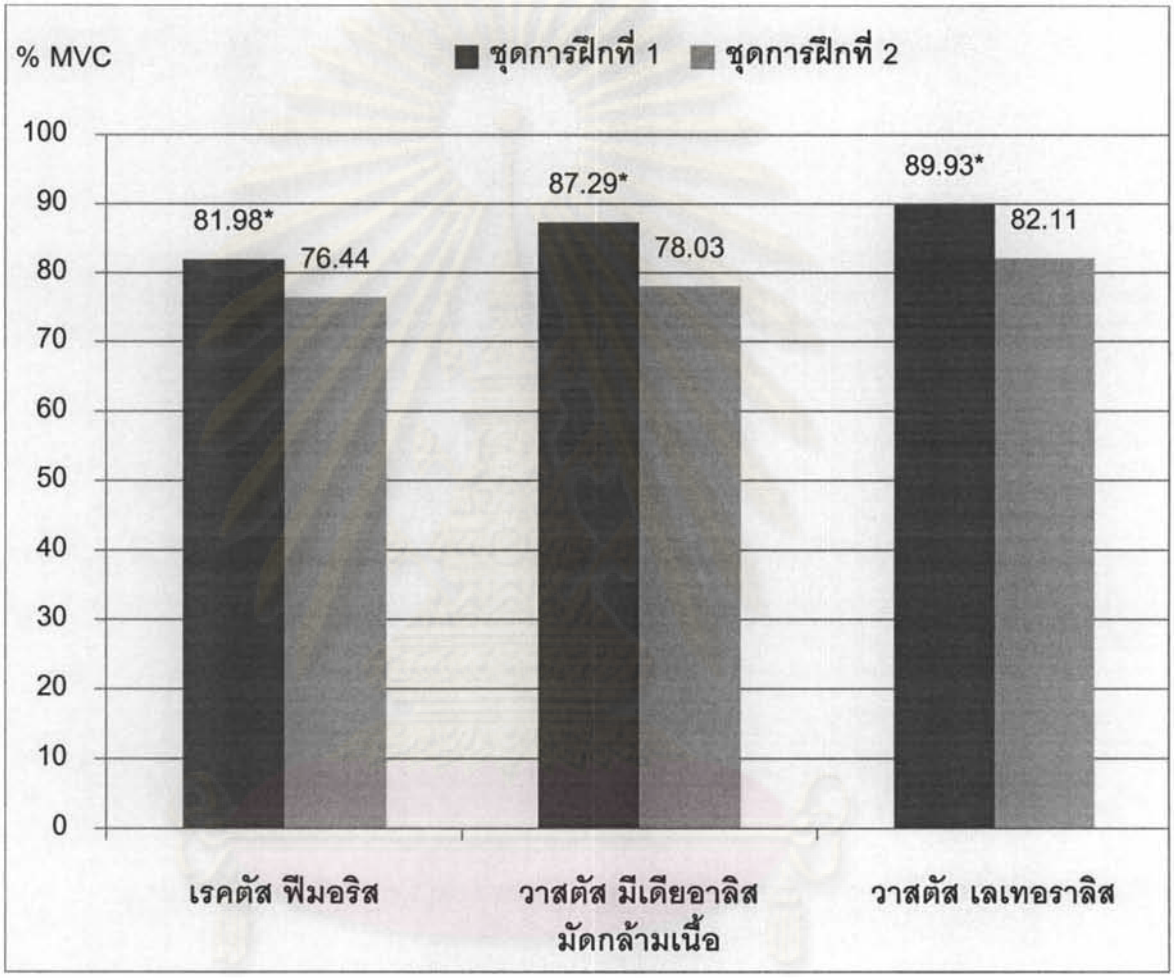
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที



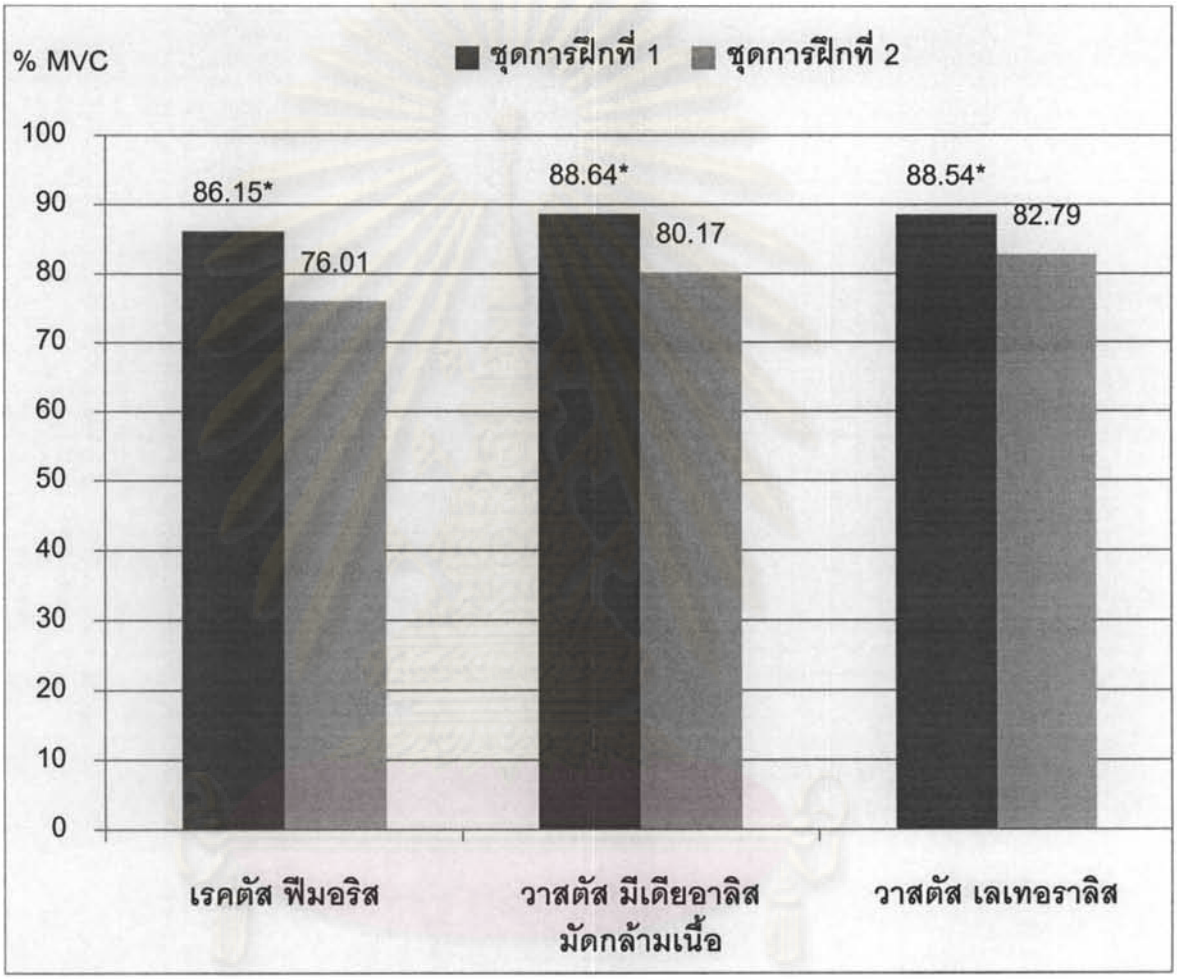
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที



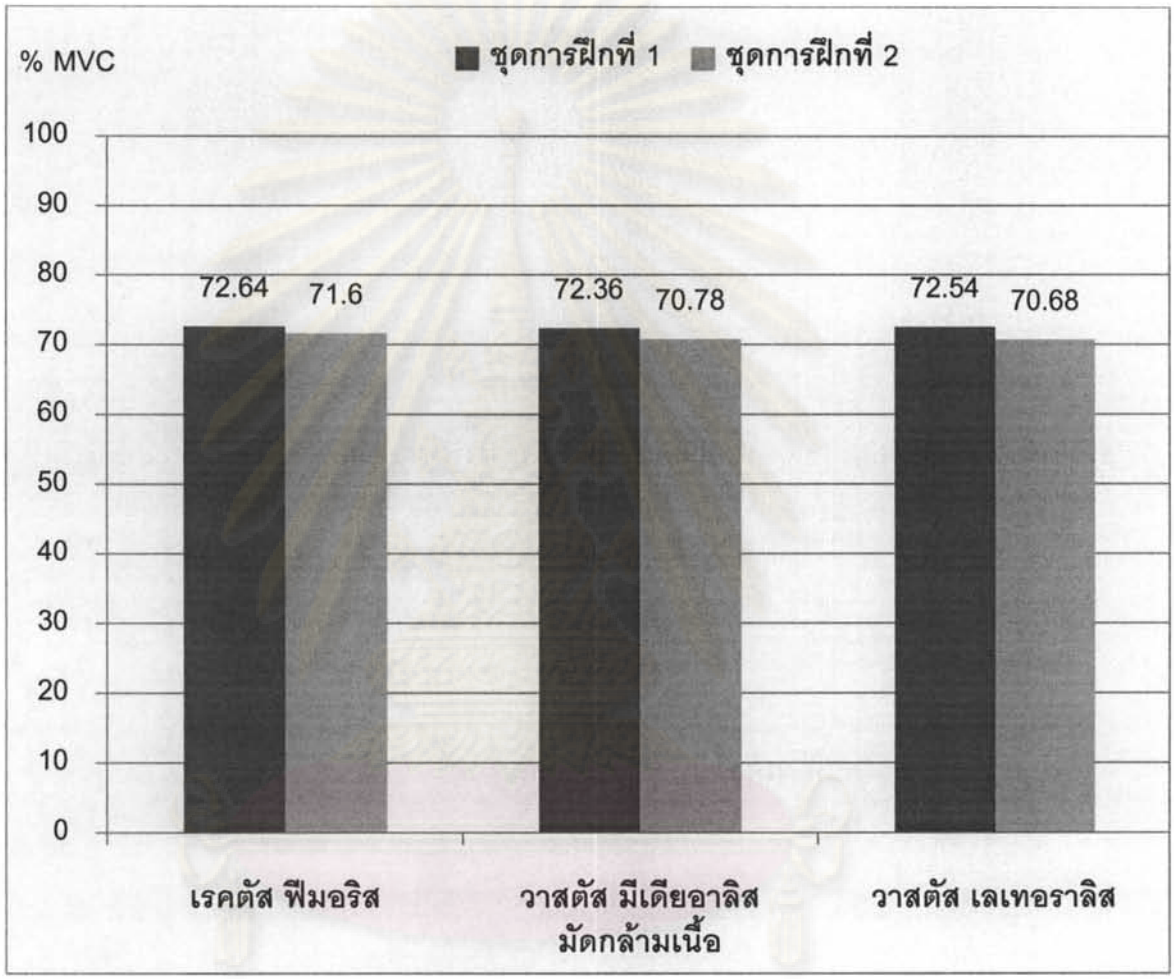
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที



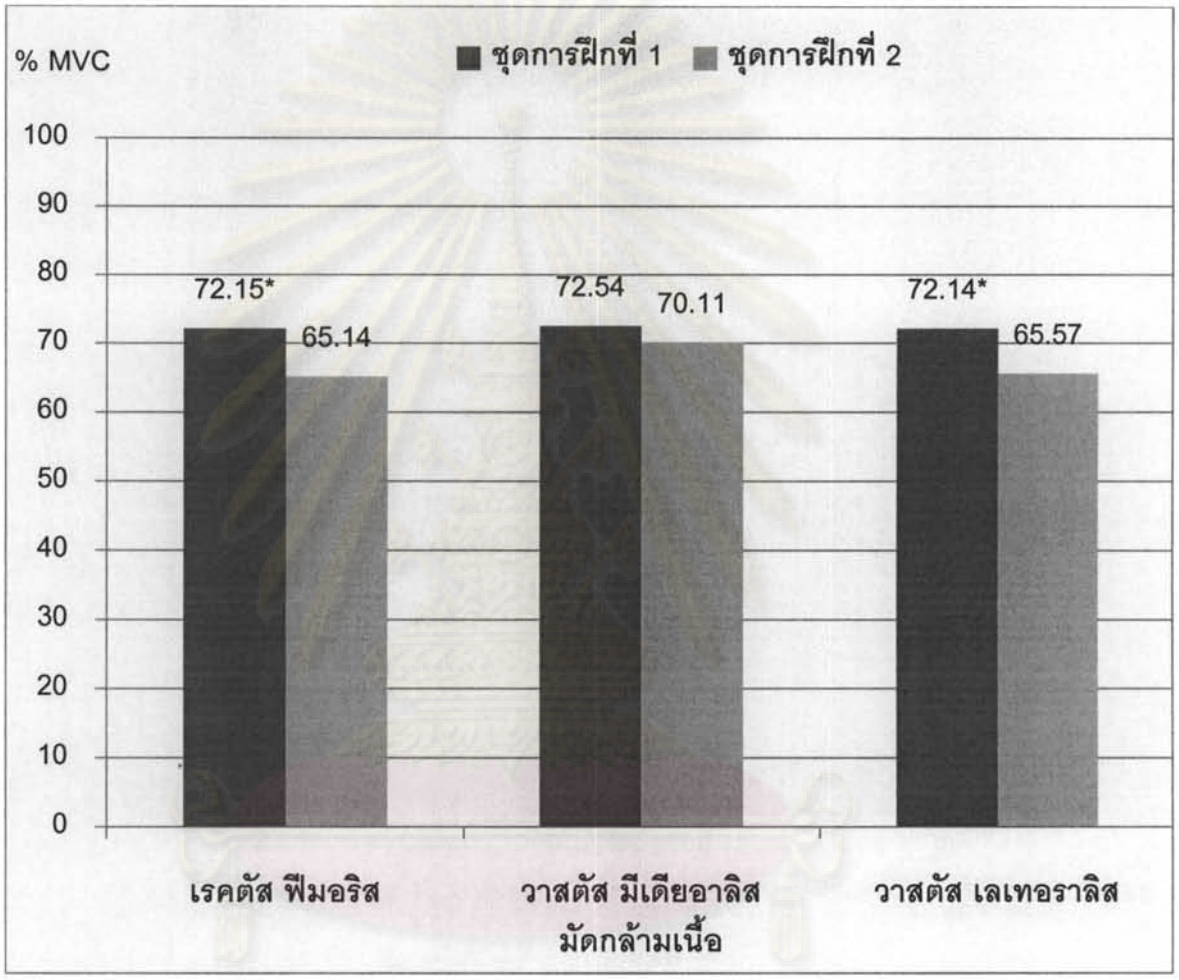
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที



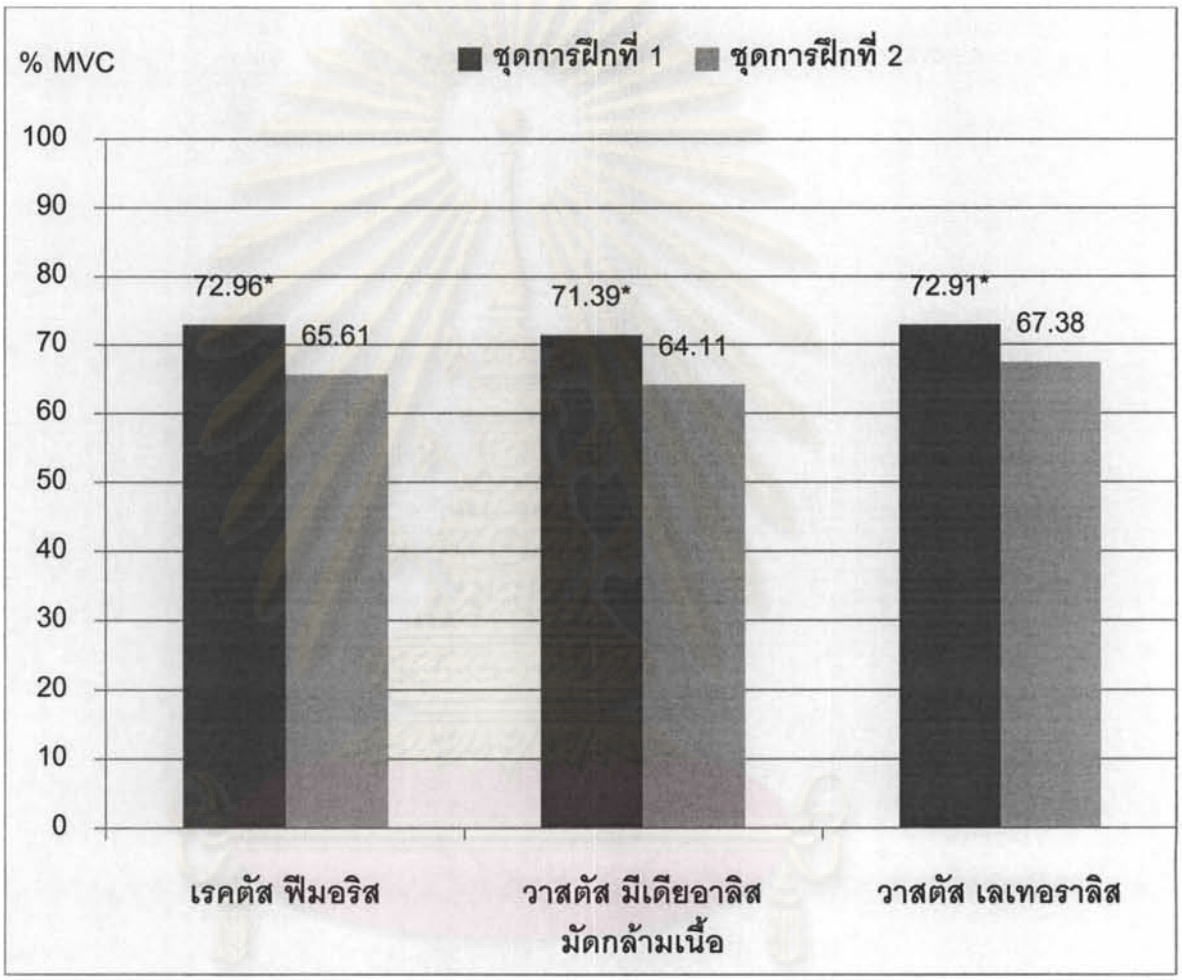
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้ง 3 มัด ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและขณะฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนิสิตชายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 อายุระหว่าง18 – 20 ปี จำนวน 14 คน โดยการเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยแบบเจาะจง (purposive sampling) จากนั้นนำกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 14 คน ทำการฝึกในโปรแกรมการฝึก 6 แบบคือ โปรแกรมคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก ที่มีระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที โดยทำการฝึกทั้งหมด 2 ชุดการฝึกในแต่ละโปรแกรม เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 โปรแกรม โดยทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ในท่าเลค เพรส จากมุมที่เข่า 90 องศา ก่อนการทดลองและวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะทำการฝึกในทุกโปรแกรม ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ในการคำนวณหาการคำนวณหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำการเก็บรวบรวมประกอบด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว และค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่า "ที" (pair t-test)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิจัยพบว่า

1. โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

1.1 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

1.2 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที ชุดการฝึกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าชุดการฝึกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที ชุดการฝึกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าชุดการฝึกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

2.1 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

2.2 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

2.3 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที ชุดการฝึกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าชุดการฝึกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที ชุดการฝึกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าชุดการฝึกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่าการใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน จะส่งผลทำให้คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บอกถึงการทำงานของกล้ามเนื้อ ทั้งการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริกแตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 ขณะการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน ส่วนระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน ส่วนระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที พบว่า ไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที การทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับการทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 1 (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 81.88 ± 7.10 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 83.64 ± 5.75 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 86.58 ± 8.65 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 86.97 ± 7.79 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 89.34 ± 5.25 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 90.01 ± 5.36) และในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ไม่แตกต่างเช่นเดียวกัน (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.64 ± 8.70 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 71.60 ± 12.57 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.36 ± 11.03 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 70.78 ± 13.34 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.54 ± 10.03 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 70.68 ± 13.76)

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที การทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 มีความแตกต่างกัน จากค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า แสดงให้เห็นว่า กล้ามเนื้อทำงานลดลงในชุดการฝึกที่ 2 (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 81.98 ± 7.89 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 76.44 ± 10.04 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 87.29 ± 9.70และ ชุดการฝึกที่ 2 = 78.03 ± 9.61 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 89.93 ± 7.34 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 82.11 ± 9.94) และในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกที่โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส พบว่า ไม่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.15 ± 9.68 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 65.14 ± 10.74 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.54 ± 11.66 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 70.11 ± 14.93 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.14 ± 12.47 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 65.57 ± 12.39)

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที การทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และชุดการฝึกที่ 2 มีความแตกต่างกัน จากค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า แสดงให้เห็นว่า กล้ามเนื้อทำงานลดลงในชุดการฝึกที่ 2 (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส

ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 86.15 ± 5.67 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 76.01 ± 13.00 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 88.64 ± 7.16 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 80.17 ± 10.91 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 88.54 ± 5.87 และชุดการฝึกที่ 2 = 82.79 ± 9.14) และในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกที่โดยใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 4 นาที ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างชุดการฝึกที่ 1 และ ชุดการฝึกที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน (ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.96 ± 11.50 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 65.61 ± 13.83 ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 71.39 ± 16.89 และชุดการฝึกที่ 2 = 64.11 ± 17.07 และค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส ชุดการฝึกที่ 1 = 72.91 ± 13.28 และ ชุดการฝึกที่ 2 = 67.38 ± 13.18)

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที เป็นระยะเวลาพักที่สั้นแต่การทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับการทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 1 อาจจะเป็นไปได้ว่าระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที กล้ามเนื้อยังมีความสามารถในการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้มากเท่าเดิมหรือใกล้เคียงค่าเดิม ซึ่งสอดคล้องกับ Ebben และ Watts (1998) ที่ได้กล่าวว่า ในการฝึกเชิงซ้อนนั้นต้องฝึกด้วยน้ำหนักก่อน เพื่อเพิ่มการกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์ได้เป็นจำนวนมากแล้วตามด้วยฝึกพลัยโอเมตริกในทันที ก็จะทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น โดยการฝึกดังกล่าวนี้ ได้ศึกษาจากผลการวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า จะใช้เวลาพักหลังจากที่สิ้นสุดการฝึกด้วยน้ำหนัก แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกในทันทีภายในเวลา 30 วินาที เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมาทำงานเป็นส่วนใหญ่ และยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Pincivero – Campy และKarunakara (2004) ที่พบว่า การใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึกที่เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ จะทำให้เกิดการตอบสนองของระบบประสาทกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิสได้ดีมาก ระหว่างการฝึกในระยะสั้น ส่วนระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที จากผลของการวิจัย ในระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าลดลงในชุดการฝึกที่ 2 มากกว่า ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที ดังนั้นการทำงานของกล้ามเนื้อหลังจากใช้ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 2 นาที และ 4 นาที อาจจะเป็นในเรื่องของการใช้

พลังงานจากแหล่งพลังงาน เอทีพี – ซีพี ซึ่งจะสอดคล้องกับ Fleck และ Kraemer (1987) ที่ได้กล่าวว่า แหล่งพลังงานนี้จึงใช้ในรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาต่าง ๆ ในการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงาน เอทีพี – ซีพีนั้น จะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว หรือออกแรงอย่างมากในเวลาอันสั้น เอทีพี – ซีพี ก็จะหมดไป และเมื่อมีการหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี – ซีพีไว้ในกล้ามเนื้อตามระยะเวลาดังนี้ การหยุดพัก 20 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 50 % การหยุดพัก 40 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 75 % การหยุดพัก 60 วินาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 87 % และการหยุดพัก 3 – 4 นาทีจะสะสมเอทีพี – ซีพีได้ 100 %

จากผลของการวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า การระดมหน่วยยนต์ที่ยังสามารถทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้ต่อเนื่องนั้น อาจยังคงมีการระดมหน่วยยนต์อยู่ภายในระยะเวลา 30 วินาที แต่การระดมหน่วยยนต์นี้อาจจะหมดไปภายในระยะเวลา 2 นาที และ 4 นาที สรุปผลการวิจัยครั้งนี้ก็คือ ระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที เป็นระยะเวลาพักที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องได้ดีที่สุด เพราะว่าการทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับการทำงานของกล้ามเนื้อในชุดการฝึกที่ 1 ดังนั้นผู้ฝึกสอนหรือโค้ชกีฬาอาจนำระยะเวลาพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาทีนี้ ไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการฝึกต่าง ๆ ที่ต้องการกระตุ้นกล้ามเนื้อให้ทำงานได้ดีด้วยระยะเวลาพักที่สั้นได้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาได้

อย่างไรก็ตาม Ebben และ Watt (1998) ได้กล่าวว่า เป็นเรื่องยากที่จะอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการฝึกเชิงซ้อน ซึ่งอาจจะมีหลายปัจจัย ที่เป็นส่วนที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ ประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular) ฮอร์โมน (hormonal) ระบบพลังงาน (metabolic) การสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (myogenic) การทำให้เกิดการเคลื่อนไหวโดยสมัครใจ (psychomotor) โดยยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าปัจจัยใดที่จะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อได้ดีที่สุด ผลของงานวิจัยครั้งนี้จะเด่นในเรื่องของการระดมหน่วยยนต์ในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และจากผลของการวิจัยนั้น ทำให้ทราบว่า ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน กล้ามเนื้อทำงานแตกต่างกัน แต่กลไกของการทำงานของกล้ามเนื้อหลังระยะเวลาพักนั้นยังคงต้องมีการศึกษากันต่อไป เนื่องจากมีหลายสาเหตุที่เกี่ยวข้องจนยังไม่สามารถที่จะสรุปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. การใช้ระยะเวลาการพักระหว่างชุดการฝึก 30 วินาที ของโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อได้มาก และทำให้กล้ามเนื้อทำงานต่อเนื่องอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ สำหรับการสร้างโปรแกรมการฝึกที่ต้องการกระตุ้นกล้ามเนื้อในระยะเวลาอันสั้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของโปรแกรมการฝึก ที่ใช้ระยะเวลาพักน้อยกว่า 30 วินาที เพื่อศึกษาต่อในการหาระยะเวลาพักที่ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อได้มาก

2. ควรมีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกหรือการฝึกเอ็คเซ็นตริก ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬา

3. ควรมีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในโปรแกรมการฝึกที่ใช้มัดกล้ามเนื้ออื่น นอกจากกล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส เพื่อการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่เฉพาะเจาะจง สำหรับกีฬาชนิดต่าง ๆ ที่ใช้มัดกล้ามเนื้อต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกพร จันทวร. การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขน ไหล่ และหลังส่วนบน ในท่าสแนทช์ ของนักกีฬายกน้ำหนักเยาวชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.

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

ชุมพล ผลประมูล และคนอื่นๆ. สรีรวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: เท็กแอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น, 2545.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์. อิเล็คโทรมัยโอกราฟีย์. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2528.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ธรรมกมลการพิมพ์, 2536.

พลศึกษา, กรม. การพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร: กรมพลศึกษา, 2542.

พีระพงศ์ บุญศิริ. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย(วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2532.

ราตรี สุดทรวง. ประสาทสรีรวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

เรณู พรหมเนตร. การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ สะโพก และขา ควบคู่กับการเคลื่อนไหว 2 มิติ ในท่าสแนทช์ของนักกีฬายกน้ำหนักเยาวชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542 .

ศราวุฒิ คุณาธรรม. การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริกแตกต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อหา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

ภาษาอังกฤษ

Agur, M.R., and Lee, M. J. Grant's Atlas of Anatomy. Maryland: Littin Cott William and Wilkins, 1999.

Basmajian, J. V., and De Luca, C. J. Muscle Alive: Their Function Revealed by Electromyography. Baltimore: Williams and Wilkins, 1985.

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

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

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

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

Chu, D.A. Eccentric strength in tennis. A Leading Authority in Sport Medicine. [Online] 2004. Available from: http://www.donchu.com/articles/article2/ [2009, December 19]

Clarys, J.P., and Cabri, J. Electromyography and The Study of Sports Movement. J Sports Sci (November 1993): 379-448.

Cohen, Jacob. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NewJersey,Lawrence Eribaum Associated. (1988): 384-385

De Luca, C.J. The Use of Surface Electromyography in Bimechanics. J. Appl. Biomech 13 (1997): 135-163.

Ebben, W.P., and Watts, P.B. A review of combined weight training and plyometric training Modes: Complex. National Strength and Conditioning Association Journal (October 1998): 18-27.

Fleck, S.T., and Kramer, W.J. Designing resistance Training Programs. Champaign, IL : Human Kinetics, 1987.

Frank, W., Dick, O.B.E. Sports training principles. 5th ed. A&C Black Publishers, 2007.

Garrison, J.C., et al. Lower Extremity EMG Activity of Collegiate Soccer Players Dose Not Differ Between Genders During Single-Leg Landing. Medicine & Science in Sports & Exercise 36 (May 2004): 347.

Gissis, I., et al. Electromyographic Activity of Lower Extremity Muscles in Soccer Kick. J Sports Sci. 22 (June 2004): 489.

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

Hakkinen, K., Alen, M., and Komi, P.V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. Acta Physiol Scand 125 (1985): 573–585.

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

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

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

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

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

McHugh, et al. Difference in Activation Patterns between Eccentric and Concentric Quadriceps Contractions. J Sports Sci. 20 (2002): 83.

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

Pincivero, D.M., Campy, R.M., Karunakara, R.G. The effects of rest interval and resistance training on quadriceps femoris muscle. Part II: EMG and perceived exertion. J Sports Med Phys Fitness. 44 (September 2004): 224-232 .

Schmidtbleicher, D. Training for power events. Strength and Power in Sport London, Blackwell Scientific, 1992.

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

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

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

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

Wilmore, J.H., and Costill, D.L. Physiology of sport and exercise. Illinois: Human Kinetics, 1999.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (PAR-Q)

ชื่อ.....นามสกุล.....

อายุ.....ปี.....เดือน

แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับบุคคลที่มีอายุระหว่าง 15 – 69 ปี มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ข้อ

ใช่	ไม่	กรุณาทำเครื่องหมายถูกหน้าข้อที่เกิดขึ้น
○	○	1. แพทย์เคยพูดถึงปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวกับหัวใจ หรือเคยได้รับคำแนะนำจากแพทย์ในเรื่องดังกล่าวหรือไม่?
○	○	2. คุณเคยเจ็บหน้าอกขณะมีการออกกำลังกายหรือไม่?
○	○	3. ใน 1 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยเจ็บหน้าอก แม้ไม่ได้มีการออกกำลังกายหรือไม่?
○	○	4. คุณเคยเสียการทรงตัว เพราะสาเหตุมาจากการเวียนศีรษะ หรือเคยหมดสติหรือไม่?
○	○	5. คุณเคยมีปัญหาเรื่องข้อกระดูก (เช่น ปวดหลัง, ปวดเข่า, ปวดสะโพก) หรือไม่? ถ้าเคยมีปัญหาดังกล่าว สาเหตุมาจากการออกกำลังกายหรือไม่?
○	○	6. แพทย์เคยให้ยาที่ใช้สำหรับลดความดัน หรือ ยาที่เกี่ยวข้องกับการรักษาอาการโรคหัวใจหรือไม่?
○	○	7. คุณทราบเหตุผลอื่นๆที่จะทำให้คุณไม่ควรออกกำลังกายหรือไม่?

หมายเหตุ : PAR-Q หรือ Physical Activity Readiness Questionnaire (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ปี ค.ศ.2002) โดยสถาบันสรีรวิทยาการออกกำลังกายแห่งประเทศแคนาดา (Canadian Society for Exercise Physiology) และผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องใช้เวลาการตอบแบบสอบถามไม่เกิน 5 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
รายละเอียดใบบันทึกของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและผลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดใบบันทึกของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยและผลการทดลอง

เลขที่ กลุ่มตัวอย่าง.....

ชื่อ.....นามสกุล.....

วัน/เดือน/ปี เกิด.....

อายุ.....ปี.....เดือน

ความยาวขาของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....เซนติเมตร

ค่า 1RM ในท่านั่งถีบยันเท้า (ขาขวาข้างเดียว).....กิโลกรัม

โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก
ความหนัก = 90% 1RM ทำชุดละ 4 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด

1. กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris)

Maximum of RMS value of isometric contraction.....volt = 100% MVC

Maximum of RMS value set 1		→ resting 30 seconds →	Maximum of RMS value set 2	
	volt			volt
% MVC			% MVC	

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

Maximum of RMS value set 1		→ resting 2 minutes →	Maximum of RMS value set 2	
	volt			volt
% MVC			% MVC	

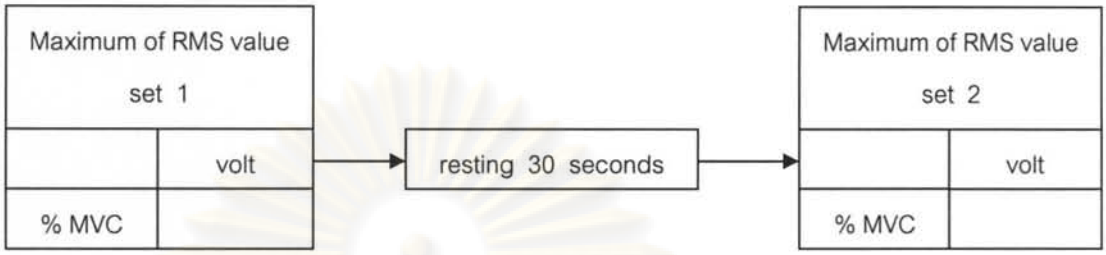
Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

Maximum of RMS value set 1		→ resting 4 minutes →	Maximum of RMS value set 2	
	volt			volt
% MVC			% MVC	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

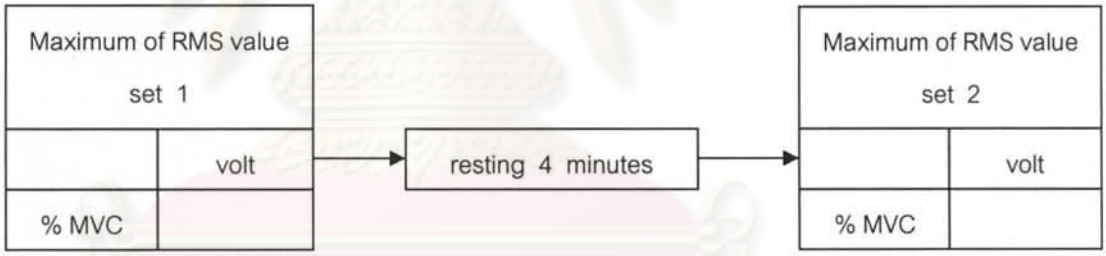
2. กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาริส (Vastus medialis)

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

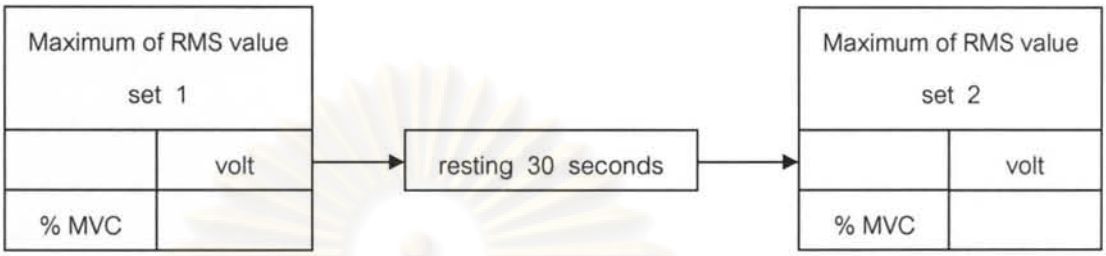
Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

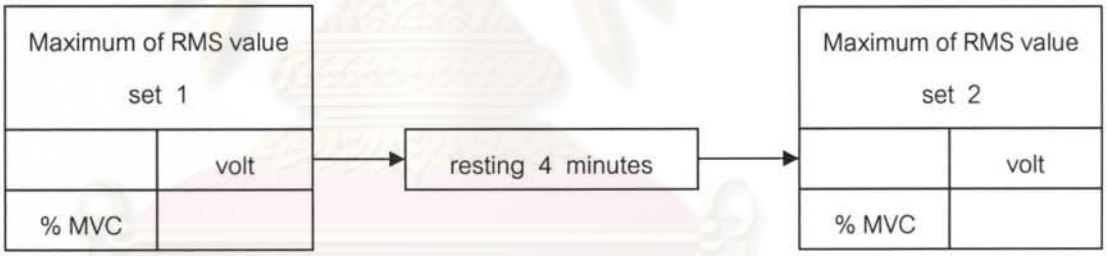
3. กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (Vastus lateralis)

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



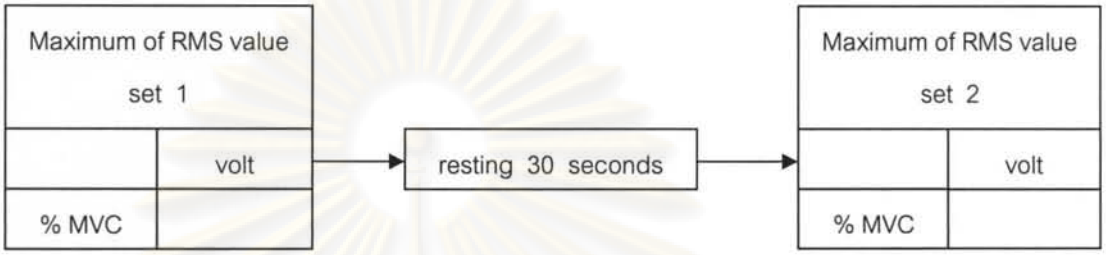
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ความหนัก = 110% 1RM ทำชุดละ 4 ครั้ง ทั้งหมด 2 ชุด

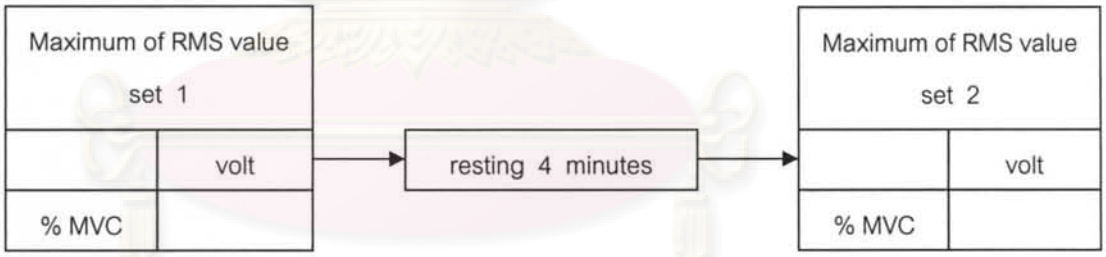
1. กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris)

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

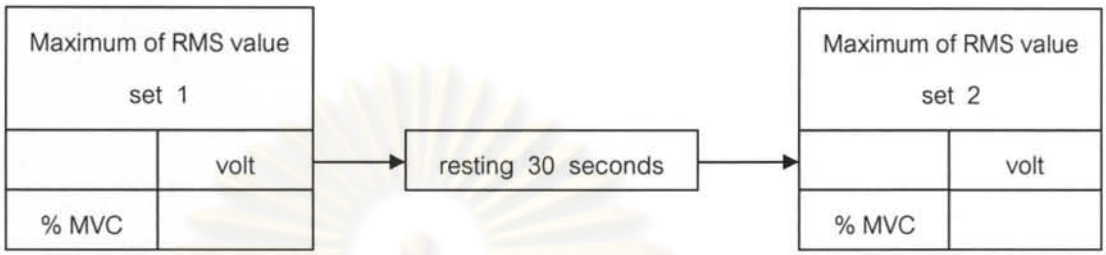
Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

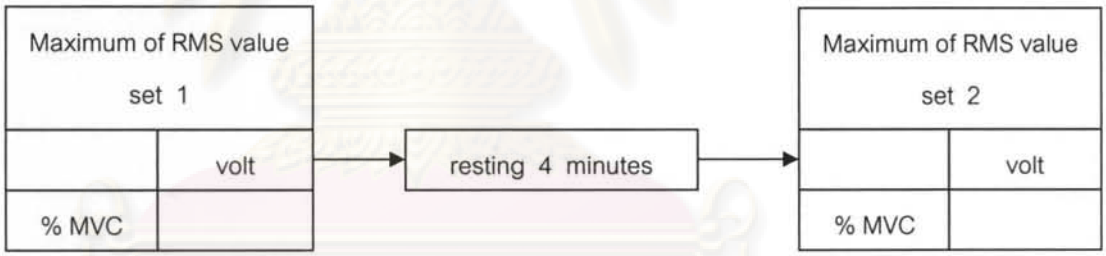
2. กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาริส (Vastus medialis)

Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC

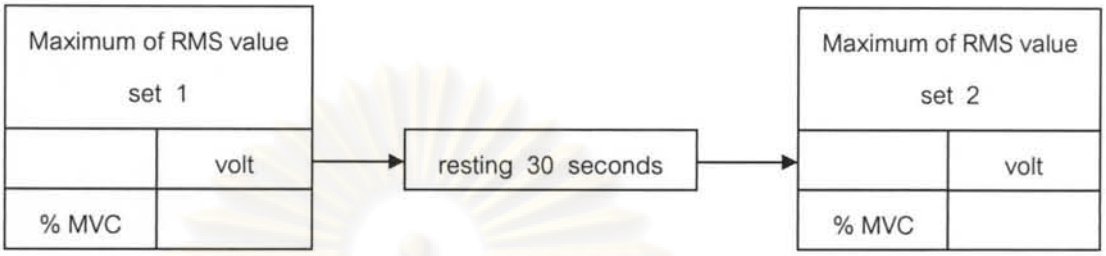
Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



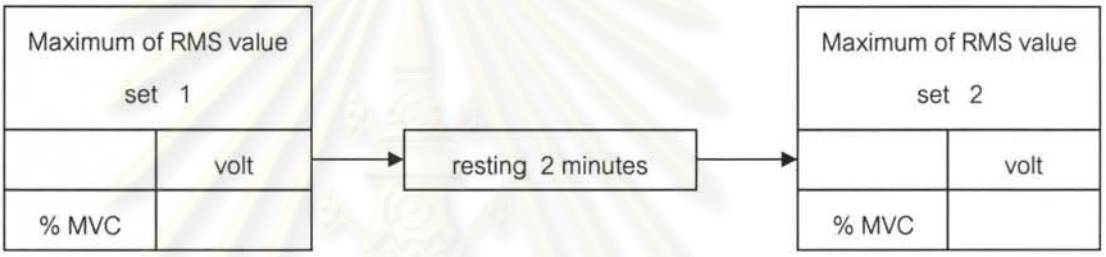
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (Vastus lateralis)

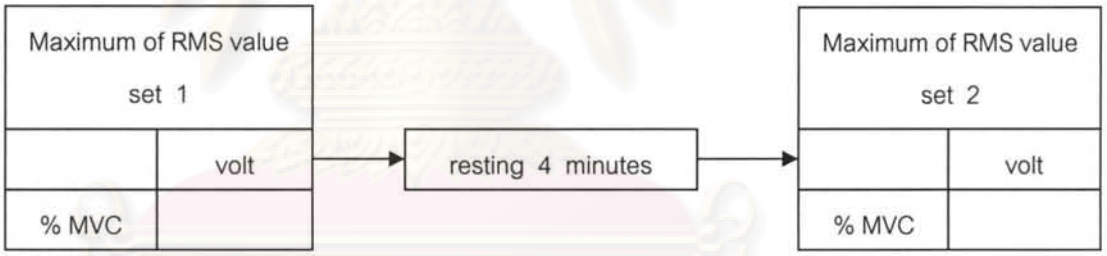
Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



Maximum of RMS value of isometric contraction..... volt = 100% MVC



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
การฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริก

อุปกรณ์

อุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส (leg press machine) ผลิตโดย บริษัท มาราธอน (ประเทศไทย) จำกัด

ภาพที่ 1 การแสดงอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส (leg press machine)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปแบบการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

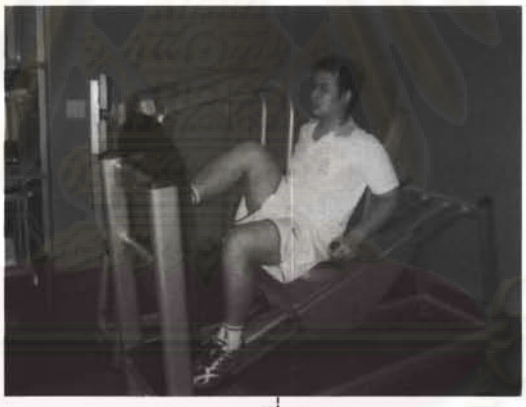
1. จัดเตรียมอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส ให้พร้อมกับการทำงาน โดยการใส่น้ำหนักที่จะใช้ในการฝึกแบบคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมานั่งบนอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส แล้วเริ่มต้นการฝึกแบบคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก จากมุมที่เข่า 90 องศา แล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงยกน้ำหนักจนอยู่ในท่าที่เข่าเหยียดเกือบสุด จากนั้นออกแรงต้านน้ำหนักจนกระทั่งกลับไปอยู่ในท่าเริ่มต้น

4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวน 4 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ชุดการฝึก

5. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ หลังทำการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก



ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 2 – 3 การแสดงท่าการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

รูปแบบการฝึกเอ็คเซ็นตริก

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส ให้พร้อมกับการทำงาน โดยการใส่น้ำหนักที่จะใช้ในการฝึกเอ็คเซ็นตริก

2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกาย เตรียมความพร้อม ก่อนทำการฝึกเอ็คเซ็นตริก

3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมานั่งบนอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส จากนั้นให้ผู้ช่วยวิจัยยกน้ำหนักขึ้นและดันเบาะนั่งขึ้น จนผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ในท่าที่เข่าเหยียดเกือบสุด โดยที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ต้องออกแรงในการยกน้ำหนักเลย ดังนั้น ท่าเริ่มต้นของการฝึกเอ็คเซ็นตริกจะอยู่ในท่าที่เข่าเหยียดเกือบสุด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงต้านน้ำหนักจนกระทั่งมุมที่เข่า 90 องศา

4. ทำในลักษณะแบบนี้ต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวน 4 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ชุดการฝึก

5. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ หลังทำการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 4 – 5 การแสดงท่าการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 5 นาที ประกอบด้วย

   ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) 5 นาที

   - Kneeling iliopsoas stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Side quadriceps stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Hamstring stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Seated gluteus stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Standing gastrocnemius stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ

2. ฝึกโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกต่อเนื่องกับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ความหนัก	90%	ของ 1RM
จำนวนครั้ง	4	ครั้ง
จำนวนชุด	2	ชุด

3. เวลาพัก

   - ระยะเวลาพักระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที

4. ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ประมาณ 10 นาที

   ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) 10 นาที

   - Kneeling iliopsoas stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Side quadriceps stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Hamstring stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Seated gluteus stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Standing gastrocnemius stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ

5. ทำการฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน คือ ในวันจันทร์ ผู้วิจัยจะใช้เวลาทั้งหมดในการทำการทดลองต่อ 1 โปรแกรม ครั้งละ 1 ชั่วโมง คือ เวลา 8.00 น.- 9.00 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 5 นาที ประกอบด้วย

   ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) 5 นาที

   - Kneeling iliopsoas stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Side quadriceps stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Hamstring stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Seated gluteus stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Standing gastrocnemius stretch ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ

2. ฝึกโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

ความหนัก	110%	ของ 1RM
จำนวนครั้ง	4	ครั้ง
จำนวนชุด	2	ชุด

3. เวลาพัก

   - ระยะเวลาพักระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที

4. ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ประมาณ 10 นาที

   ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) 10 นาที

   - Kneeling iliopsoas stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Side quadriceps stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Hamstring stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Seated gluteus stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ
   - Standing gastrocnemius stretch ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ

5. ทำการฝึกสัปดาห์ละ 1 วัน คือ ในวันจันทร์ ผู้วิจัยจะใช้เวลาทั้งหมดในการทำการทดลองต่อ 1 โปรแกรม ครั้งละ 1 ชั่วโมง คือ เวลา 8.00 น.- 9.00 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

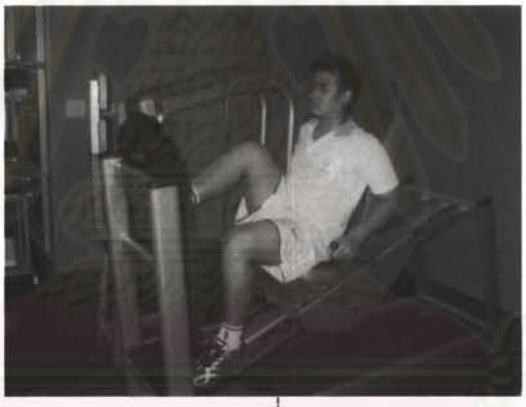
ภาคผนวก ง
แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

วิธีการทดสอบ

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยเตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกายให้เสร็จสิ้น และพร้อมทำการทดสอบ
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เข้ารับการทดสอบเข้าใจโดยละเอียด
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมานั่งบนอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส เริ่มต้นการยกน้ำหนัก จากมุมที่เข่า 90 องศา แล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงยกน้ำหนักจนอยู่ในท่าที่เข่าเหยียดเกือบสุด จากนั้นออกแรงต้านน้ำหนักจนกระทั่งกลับไปอยู่ในท่าเริ่มต้น
5. หาน้ำหนักที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถทำได้ 4 ครั้ง (4 RM) แล้วนำมาคำนวณหาค่า 1RM



ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 6 – 7 การแสดงท่าการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

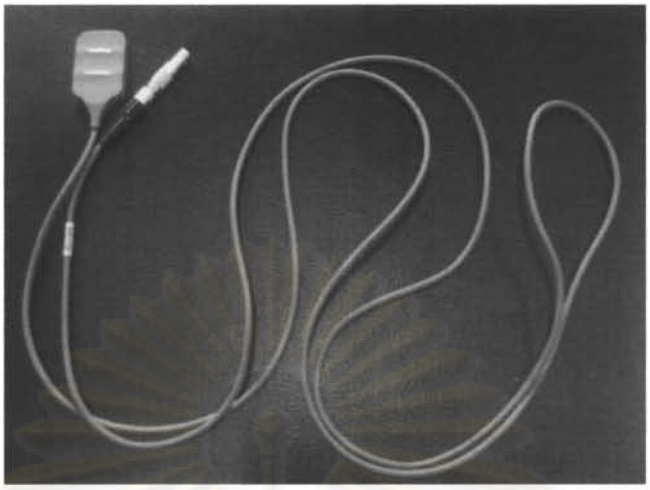
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

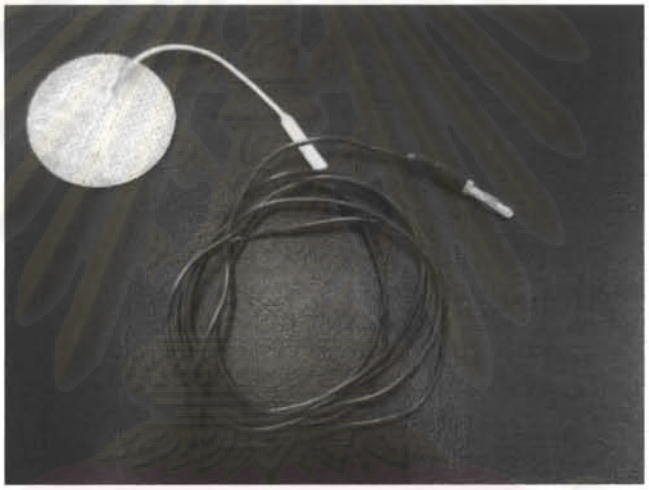
ภาพที่ 8 การแสดงเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6
ผลิตโดย Delsys Incorporated, United States of America

ภาพที่ 9 การแสดงอุปกรณ์เชื่อมต่อไปยังกล้ามเนื้อของ
เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6

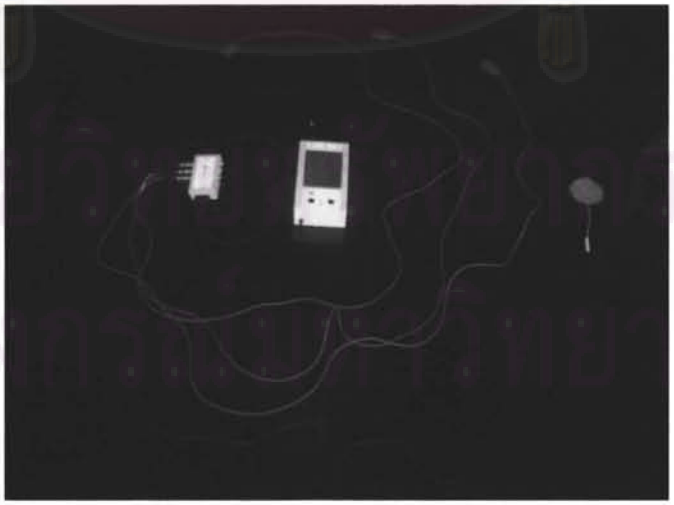
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 10 การแสดงขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่ใช้วัด (measuring electrode)



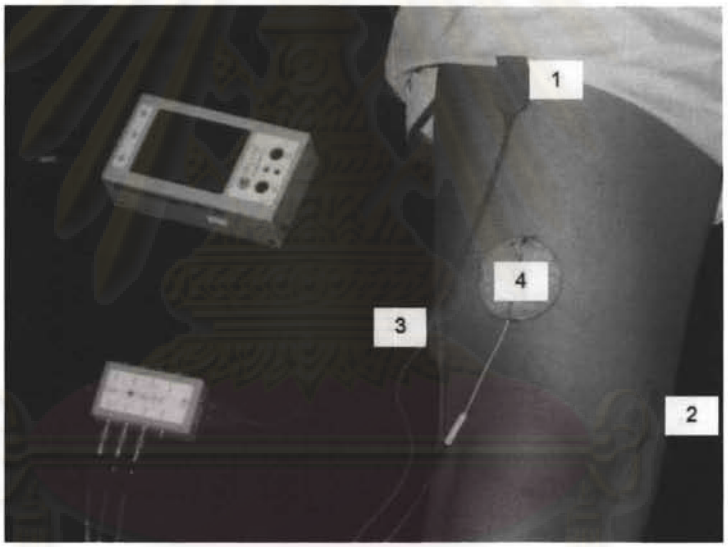
ภาพที่ 11 การแสดงขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode)



ภาพที่ 12 การแสดงการต่อวงจรการทำงานของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 13 การแสดงการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะทำการฝึก



ภาพที่ 14 การแสดงการติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อเหยียดเข่า ดังนี้

1. การติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส
2. การติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส
3. การติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส
4. การติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าอ้างอิงบริเวณกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
การหาค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

100 Percents of Maximum Voluntary Contraction (100 % MVC)

of Quadriceps Femoris Muscle

1. หาจุดมอเตอร์ (motor point) ด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ELVY® ที่กล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด คือ กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส โดยใช้เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า

2. ติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้า (measuring electrode) บริเวณจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด โดยติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจำนวน 1 อันต่อกล้ามเนื้อ 1 มัดและติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) 1 อัน ในบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่จะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส และให้อยู่ในท่าเริ่มจากมุมที่เข่า 90 องศา โดยความหนักที่ใช้ยกนั้นจะเป็นความหนักที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถที่จะยกน้ำหนักได้ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อ (กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบไอโซเมตริก) ให้มากที่สุด เป็นเวลา 5 วินาที ทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกผลจากการทดสอบที่มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากที่สุด

4. ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด โดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6 ขณะที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 วินาที

5. เมื่อทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ของกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัดเสร็จแล้ว นำคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้จากการทดสอบ มาวิเคราะห์หาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (signal acquisition and analysis software) ค่าที่ได้สูงสุดเปรียบเทียบเป็น ค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด เพราะว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกเป็นการหดตัวที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
การหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

Percents of Maximum Voluntary Contraction (% MVC) of Quadriceps Femoris Muscle

1. หาจุดมอเตอร์ (motor point) ด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้า ELVY® ที่กล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด คือ กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส และกล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส โดยใช้เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า

2. ติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้า (measuring electrode) บริเวณจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด โดยติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจำนวน 1 อันต่อกล้ามเนื้อ 1 มัดและติดขั้วรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) 1 อัน ในบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่จะวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนอุปกรณ์ฝึกยกน้ำหนักในท่าเลค เพรส และให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำการฝึกตามโปรแกรมที่จับฉลากได้ในแต่ละสัปดาห์ ทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกผลจากการทดสอบที่มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากที่สุด

4. ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของขาข้างขวาทั้ง 3 มัด โดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รุ่น Delsys EMGworks 3.6 ขณะทำการฝึกในทุกโปรแกรม

5. เมื่อทำการฝึกในแต่ละสัปดาห์เสร็จแล้วให้นำคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกได้จากการฝึก มาวิเคราะห์หาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (signal acquisition and analysis software) ค่าที่ได้สูงสุดจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกหรือค่าร้อยละหนึ่งร้อยของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด เพื่อหาค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยแทนสูตรดังนี้

$$\%\ MVC = \frac{\text{maximum RMS values of training} \times 100}{\text{maximum RMS values of isometric contraction (100\% MVC)}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านโปรแกรมการฝึก

1. รศ. เจริญ กระบวนรัตน์	ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร. ศุกล อริยสัจสี่สกุล	สถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
3. อาจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม	สถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
4. อาจารย์ เอกวิทย์ แสวงผล	สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตกรุงเทพ และ ผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย

ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

1. ผศ.ดร.วรรธนะ ชลายนเดชะ	ภาควิชากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล
2. อาจารย์ ดร. คีรินทร์ เมฆโหรา	ภาควิชากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล
3. อาจารย์ ดร. มนทกาน ไชยกุมาร	ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ
หนังสือขอความร่วมมือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๓๐

สิงหาคม ๒๕๕๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ
๒. แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก ที่ใช้เวลาในการพักระหว่างชุด ๔ นาที ๒ นาที และ ๓๐ วินาที
๓. แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก ที่ใช้เวลาในการพักระหว่างชุด ๔ นาที ๒ นาที และ ๓๐ วินาที
๔. แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย และโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

ด้วย นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและ การฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)
คณบดี

หน่วยหลักสูตรการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ฝ่ายวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๓๐

สิงหาคม ๒๕๕๒

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์ฉบับย่อ
๒. แบบประเมินเนื้อหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ด้วย นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกและ การฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และความสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)
คณบดี

หน่วยหลักสูตรการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา ฝ่ายวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๑๖
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ
แบบประเมินเนื้อหาผู้ทรงคุณวุฒิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริกที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

– 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. ความห่างของระยะเวลาการฝึกในแต่ละโปรแกรมการฝึก 1 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่านั่งถีบยันเท้า จากมุมที่เข่า 90 องศา			
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 90% ของ1RM ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับ การฝึกเอ็คเซ็นตริก			
4. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก จำนวน 4 ครั้ง			
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 2 ชุด			
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริกที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

– 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. ความห่างของระยะเวลาการฝึกในแต่ละโปรแกรมการฝึก 1 สัปดาห์			
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่านั่งถีบยันเท้า จากมุมที่เข่า 90 องศา			
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 110% ของ 1RM ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก			
4. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก จำนวน 4 ครั้ง			
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 2 ชุด			
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย

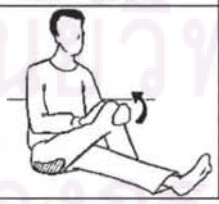
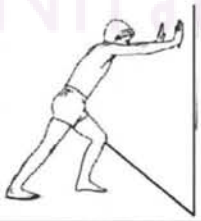
เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการอบอุ่นร่างกายที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย

– 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย

เนื้อหา				ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
				+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
โปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 5 นาที ดังนี้						
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้			
1. Kneeling iliopsoas stretch		Rectus Femoris ,Iliopsoas	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ			
2. Side quadriceps stretch		Quadriceps	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ			
3. Hamstring stretch		Hamstrings	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ			
4. Seated gluteus stretch		Gluteus maximus	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ			
5. Standing gastrocnemius stretch		Gastrocne-mius, Soleus	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

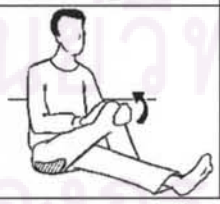
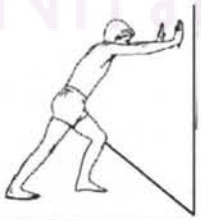
เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

– 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในโปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

เนื้อหา				ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
				+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
โปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Cool-down) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 10 นาที ดังนี้						
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้			
1. Kneeling iliopsoas stretch		Rectus Femoris ,Iliopsoas	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ			
2. Side quadriceps stretch		Quadriceps	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ			
3. Hamstring stretch		Hamstrings	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ			
4. Seated gluteus stretch		Gluteus maximus	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ			
5. Standing gastrocnemius stretch		Gastrocne-mius, Soleus	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินเนื้อหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เรียน

ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

+ 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

- 1 หมายถึง ไม่มีความเหมาะสมในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เนื้อหา	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	+ 1	0	- 1 (ควรเปลี่ยนแปลงเป็น)
1. กล้ามเนื้อที่ใช้ในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ - กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) - กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส (Vastus medialis) - กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (Vastus lateralis)			
2. ความยาวขาของผู้เข้าร่วมการวิจัยเท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร			
3. การใช้รากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square , RMS) ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ			
4. การใช้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Percent of Maximal Voluntary Contraction, % MVC) ในการเปรียบเทียบค่าของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละโปรแกรมการฝึก			

ความคิดเห็นเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

.....

.....

ลงชื่อ.....

ผู้ทรงคุณวุฒิ

(.....)

...../...../2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน เกณฑ์ในการตัดสินคือ ค่าดัชนี (Item Objective Congruence, IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านโปรแกรมการฝึก และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

รายการที่ 1 แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. ความห่างของระยะเวลาการฝึกในแต่ละโปรแกรมการฝึก 1 สัปดาห์	3	1	0	0.75
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่านั่งถีบยันเท้า จากมุมที่เข่า 90 องศา	4	0	0	1
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 90% ของ1RM ในโปรแกรมการฝึกคอนเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกเอ็คเซ็นตริก	3	1	0	0.75
4. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก จำนวน 4 ครั้ง	3	1	0	0.75
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 2 ชุด	3	0	1	0.5
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที	3	1	0	0.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการที่ 2 แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. ความห่างของระยะเวลาการฝึกในแต่ละโปรแกรมการฝึก 1 สัปดาห์	3	1	0	0.75
2. ท่าที่ใช้ในการฝึก ใช้ท่านั่งถีบยันเท้า จากมุมที่เข่า 90 องศา	4	0	0	1
3. ความหนักที่ใช้ในการฝึก 110% ของ1RM ในโปรแกรมการฝึกเอ็คเซ็นตริก	3	1	0	0.75
4. จำนวนครั้งต่อชุดของการฝึกด้วยน้ำหนัก จำนวน 4 ครั้ง	4	0	0	1
5. จำนวนชุดของโปรแกรมการฝึก จำนวน 2 ชุด	3	0	1	0.5
6. ระยะเวลาการพักในระหว่างชุด 30 วินาที 2 นาที และ 4 นาที	4	0	0	1

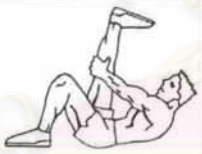
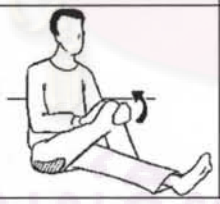
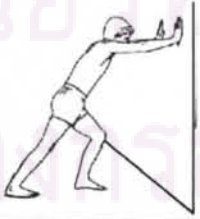
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการที่ 3 แบบประเมินเนื้อหาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เนื้อหา	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1. กล้ามเนื้อที่ใช้ในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ - กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอริส (Rectus femoris) - กล้ามเนื้อวาสตัส มีเดียอาลิส (Vastus medialis) - กล้ามเนื้อวาสตัส เลเทอราลิส (Vastus lateralis)	3	0	0	1
2. ความยาวขาของผู้เข้าร่วมการวิจัยเท่ากันหรือต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร	3	0	0	1
3. การใช้รากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square , RMS) ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	3	0	0	1
4. การใช้ค่าร้อยละของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Percent of Maximal Voluntary Contraction, % MVC) ในการเปรียบเทียบค่าของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละโปรแกรมการฝึก	3	0	0	1

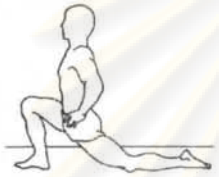
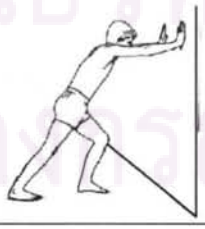
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการที่ 4 แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย

เนื้อหา				ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
				เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
โปรแกรมการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 5 นาที ดังนี้				4	0	0	1
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้				
1. Kneeling iliopsoas stretch		Rectus Femoris ,Iliopsoas	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
2. Side quadriceps stretch		Quadriceps	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
3. Hamstring stretch		Hamstrings	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
4. Seated gluteus stretch		Gluteus maximus	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
5. Standing gastrocnemius stretch		Gastrocne-mius, Soleus	ข้างละ 15 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการที่ 5 แบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ

เนื้อหา				ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
				เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
โปรแกรมการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Cool-down) ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 10 นาที ดังนี้				4	0	0	1
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้				
1. Kneeling iliopsoas stretch		Rectus Femoris ,Iliopsoas	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
2. Side quadriceps stretch		Quadriceps	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
3. Hamstring stretch		Hamstrings	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
4. Seated gluteus stretch		Gluteus maximus	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1
5. Standing gastrocnemius stretch		Gastrocne-mius, Soleus	ข้างละ 30 วินาที ทำ 2 รอบ	4	0	0	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฏ
หนังสือรับรองจริยธรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 03089
วันที่ 19 พ.ย. 52 เวลา 16.04 น.

บันทึกข้อความ

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

ที่ จว 649 /52 **วันที่** 16 พฤศจิกายน 2552

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบรับรองผลการพิจารณา
2. ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3. ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
4. แบบสอบถาม

ตามที่นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร นิสิตระดับมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอโครงการวิจัยที่ 102.1/52 เรื่อง การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกคอนเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน (ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF COMBINED ECCENTRIC WITH CONCENTRIC TRAINING AND ECCENTRIC TRAINING USING DIFFERENT RESTING INTERVAL) เพื่อให้กรรมการผู้ทบทวนหลัก พิจารณาจริยธรรมการวิจัยความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

การนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลัก ได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ รับรองวันที่ 9 พฤศจิกายน 2552

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์

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

เรียน คณบดี(เบื้องต้นเพื่อโปรดทราบและพิจารณา)
เพื่อโปรด
☑ ทราบและดำเนินการต่อไป
☐ [illegible]
☐ [illegible]
☐ [illegible]
ลงชื่อ [illegible]
18 พ.ย. 2552

เรียน คณบดี
เพื่อโปรดทราบและพิจารณา
สำเนาส่งให้ประธานคณะกรรมการ
จริยธรรม ม.ใน
19 พ.ย. 52

เรียนประธานกรรมการ
19 พ.ย. 52

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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. 122/2552

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 102.1/ 52 : การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกคอนเซ็นตริกและการฝึกเอ็คเซ็นตริกโดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยหลัก : นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร นิสิตระดับมหาบัณฑิต

หน่วยงาน : สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลงนาม..... ลงนาม.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)

ประธาน กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 9 พฤศจิกายน 2552 **วันหมดอายุ** : 8 พฤศจิกายน 2553

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 102.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ

2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องหยุด เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย

3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด

*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น แล้วส่งสำเนาใบแรกที่ใช้เอกสารดังกล่าวมาที่คณะกรรมการ***

5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ

6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ

7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-11) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ชื่อโครงการวิจัย **การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการฝึกเอ็คเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกคอนเซ็นตริกและ การฝึกเอ็คเซ็นตริก โดยใช้ระยะเวลาพักที่แตกต่างกัน**

ชื่อผู้วิจัย นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร

ที่อยู่ที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 78 / 6 ถนนพระองค์ดำ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทรศัพท์ที่บ้าน 055-210759 โทรศัพท์มือถือ 086-7808065 E-mail: spsc_best@hotmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด **และได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดี** แล้ว

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพเพื่อการออกกำลังกาย (PAR-Q) และเข้าร่วมการฝึกตามโปรแกรมที่จับฉลากได้ในแต่ละสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 1 วัน คือ วันจันทร์ ครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง คือเวลา 8.00 – 9.00 น.

ข้าพเจ้า**มีสิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 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

เลขที่โครงการวิจัย 102.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร) (.....)

ผู้วิจัย ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

หากกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการ หรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

เลขที่โครงการวิจัย 102.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	:	นายภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร
เกิดวันที่	:	27 พฤษภาคม 2529
สถานที่เกิด	:	จังหวัดพิษณุโลก
ที่อยู่ปัจจุบัน	:	78 / 6 ถนนพระองค์ดำ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก รหัสไปรษณีย์ 65000
ประวัติการศึกษา	:	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย