ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

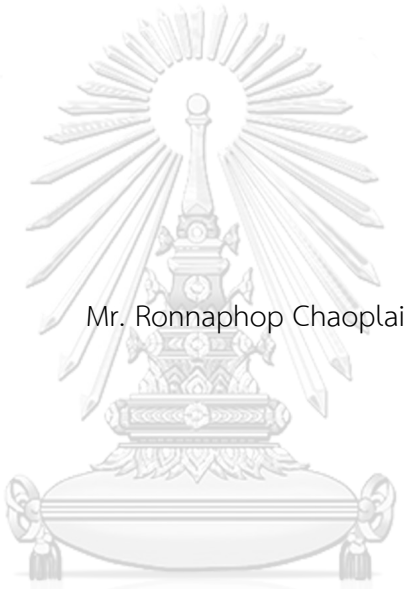
นายรณภพ ชาวปลายนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS

Mr. Ronnaphop Chaoplaina



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports Science
Common Course
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล
โดย	นายรณภพ ชาวปลายนา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รณภพ ชาวปลายนา : ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล. (THE EFFECT OF ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ทศพร ยิ้มลมัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย ระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี จำนวน 25 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะได้รับการฝึกพื้นฐานด้วยแรงต้านก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (13 คน) และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (12 คน) ด้วยวิธีการจับคู่ โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์ ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ทำการฝึกแบบเอกเซนตริกในท่าแบ็คสควอช ฝึกที่ความหนัก 120% ของ 1RM จำนวน 4 ครั้ง และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปทำการฝึกในท่าแบ็คสควอชที่ความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 6 ครั้ง โดยทั้งสองกลุ่มจะฝึกสลับกับการฝึกพลัยโอเมตริก (เซตต่อเซต) จำนวน 4 ชุด มีระยะพักระหว่างเซต 5 นาที สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบความแข็งแรง พลัง ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนและหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 6 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบค่าที (Dependent t-test และ Independent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีความแข็งแรง พลัง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีเพียงความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า ความแข็งแรงในกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ตัวแปรอื่นไม่พบความแตกต่างกัน สรุปผลการวิจัย การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีแนวโน้มในการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5978323939 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORD: Eccentric training, Complex training, Muscular power, Leg stiffness, Soccer player

Ronnaphop Chaoplaina : THE EFFECT OF ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS. Advisor: Tossaporn Yimlamai

The purpose of this study was to determine and compare the effects of eccentric complex training (ECC) versus traditional complex training (CON) on leg muscular performance speed change of direction and agility in soccer players. Twenty-six collegiate soccer player (aged 18-22 years old) were voluntarily recruited for this study. Before the experiment (2 weeks), the subjects were familiarized with the smith-machine squat technique and normalized for the muscle strength. Then, the subjects, matched by relative strength, were randomly assigned into one of the two groups: ECC group (n = 13) and CON group (n=12). Both groups underwent the complex training for 6 weeks. The ECC group completed 4 repetitions of 120% 1RM eccentric squat training (without concentric phase), whereas the CON group performed 6 repetitions of 80%1RM tradition squat training. Each training protocol comprised 4 sets of squat training separated by 5-mins rest period between sets followed by plyometric exercise. Before and after 6weeks of training, muscle strength, power, reactive strength index, leg stiffness, 10 and 20 m. speed, change of direction and agility were measured. Independent sample t-test and dependent sample t-test were applied with a statistical significant at p-value <.05.

The results showed that after 6 weeks of training, concentric and eccentric muscle strength, power, leg stiffness and agility were increased significantly ($p<.05$) in ECC group. while a significant increase in concentric muscle strength and a significant decrease in change of direction ability were observed in CON group. Interestingly, a greater improvement of muscle strength was observed in EEC group as compared to CON group. In conclusion, ECC was more likely effective to improving leg muscular performance compared to CON, in soccer players.

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

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เอาใจใส่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ตลอดจนอาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ดร.สุทธิกร อาภานุกูล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ตรวจสอบ ให้คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ ถูกต้อง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านจากใจจริง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารมย์ ตรีราช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจเครื่องมือการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมถึง มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยศิลปากร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม ที่ได้อำนวยบุคลากร อุปกรณ์และสถานที่แก่งานวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงเจริญพระชนมายุครบ ๗๒ พรรษา ที่ได้สนับสนุนเงินเดือนและค่าเล่าเรียน รวมถึงทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุน ๙๐ ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

ผู้วิจัยขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนๆ พี่ๆ และผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาของผู้วิจัย ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งกำลังกายกำลังใจ และกำลังทรัพย์ ทำให้สามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆจนสามารถทำให้การศึกษาเล่าเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดความสัมฤทธิผล ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งที่ได้เอ่ยนามแล้วและยังไม่ได้เอ่ยนาม ด้วยความจริงใจไว้ ณ โอกาสนี้

รณภพ ชาวปลายนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
ปัญหาในการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
ข้อจำกัดของการวิจัย 5
คำจำกัดความของการวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อลาย 8
สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 16
สมรรถภาพกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอล 18
ทฤษฎีการฝึกและวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง 23
การฝึกเชิงซ้อน 32
การฝึกแบบเอกเซนตริก 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่ากับกีฬาฟุตบอล 39
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
กรอบแนวความคิดในการวิจัย 45
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 47
กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 47
รูปแบบของการวิจัย 50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 54
การวิเคราะห์ข้อมูล 57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 58
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบ เอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 59
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไวภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 61
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 64
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง 67
ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวระหว่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 73
สรุปผลการวิจัย 73
อภิปรายผลการวิจัย 75
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 79
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป 79
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 90
ภาคผนวก ก. การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 91
ภาคผนวก ข. การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 95
ภาคผนวก ค. การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 96
ภาคผนวก ง. การฝึกพลัยโอเมตริก 97
ภาคผนวก จ. การทดสอบหาค่า 1RM ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน 98
ภาคผนวก ฉ. การทดสอบเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ 99
ภาคผนวก ช. แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน 109
ภาคผนวก ซ. ตารางบันทึกผลการทดสอบ 111
ภาคผนวก ฌ. การประเมินคุณภาพ IOC 113
ภาคผนวก ญ. งบประมาณที่ใช้ในการวิจัย 117
ภาคผนวก ฎ. ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 118
ประวัติผู้เขียน 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิด 15

ตารางที่ 2 วิธีการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ..... 32

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าเฉลี่ยอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน ระหว่างกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง 59

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์.. 60

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 61

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 62

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 63

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 64

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 65

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง 67

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง 68

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง 69

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 70

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 71

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 องค์ประกอบของกล้ามเนื้อ 9
ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ 10
ภาพที่ 3 นิวโรมัสคูลาร์จังก์ชัน 10
ภาพที่ 4 องค์ประกอบของไมโอไฟบริล 11
ภาพที่ 5 การกระตุ้นของระบบประสาทกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ 13
ภาพที่ 6 วงจรการชดเชยเกิน 25
ภาพที่ 7 วงจรการชดเชยเกินแบบต่อเนื่อง 26
ภาพที่ 8 วงจรการชดเชยเกินที่ประสบความสำเร็จจากการวางแผนการฝึก 27
ภาพที่ 9 การปรับตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการฝึกความแข็งแรง 31
ภาพที่ 10 แสดงรูปแบบการกระโดดทแยงแบบสลับขา 53
ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนในการฝึกของแต่ละกลุ่ม 53
ภาพที่ 12 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอสะโพก 91
ภาพที่ 13 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดสะโพก 92
ภาพที่ 14 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มหุบเข้าในสะโพก 92
ภาพที่ 15 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า 93
ภาพที่ 16 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า 93
ภาพที่ 17 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอข้อเท้าลง 94
ภาพที่ 18 การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 95
ภาพที่ 19 การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 20 การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยวิธีการทดสอบแบบ 505..... 103

ภาพที่ 21 การทดสอบความคล่องแคล่ววองไวอิลินอยส์ 104

ภาพที่ 22 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Bertec digital acquire 4 ที่แสดงผลแรงและเวลาในการทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 106

ภาพที่ 23 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Bertec digital acquire 4 ที่แสดงผลแรงและเวลาในการทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา..... 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในหลายชนิดกีฬา รวมทั้งกีฬาประเภททีมเช่น ฟุตบอล การศึกษาที่ผ่านมาพบว่านักฟุตบอลมีความต้องการทั้งความแข็งแรง (Strength) พลัง (Power) ความเร็ว (Speed) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) เพื่อที่จะสมารถปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบใช้แรงระเบิด (Explosive movement) เช่นการโหม่ง การยิงประตู และการวิ่งด้วยความเร็วเต็มฝีเท้า (Sprinting) เป็นต้น ในขณะฝึกซ้อมและแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Thomas, French, and Hayes, 2009)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อและความเร็วในการเคลื่อนไหว (Power = Force x Velocity) ซึ่งอาศัยการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) ในการระดมหน่วยยนต์ (Motor units) ของกล้ามเนื้อในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Stølen et al., 2005) ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกความแข็งแรงสูงสุด (Strength training) สามารถช่วยพัฒนาแรงระเบิดของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยที่ระยะเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้ออาจไม่เปลี่ยนแปลง โดยทั่วไประยะเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้ได้แรงสูงสุดจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 300 มิลลิวินาที ขณะที่ระยะเวลาที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะใช้แรงระเบิดใช้เวลา 50-150 มิลลิวินาที (Aagaard et al., 2002) ดังนั้นอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development) จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเคลื่อนไหวและปฏิบัติทักษะของนักกีฬา นักกีฬาที่สามารถออกแรงสูงสุดได้มากในช่วงเวลาสั้นๆจะได้พลังกล้ามเนื้อสูง ซึ่งแรงระเบิดของกล้ามเนื้อดังกล่าวเกิดจากการทำงานของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (Stretch-Shortening cycle) ที่ประกอบด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดออก (Eccentric contraction) (เช่น ช่วงย่อตัวลงก่อนการกระโดด) แล้วตามมาด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric contraction) อย่างรวดเร็วในทันที เช่น ช่วงกระโดด (Wilk et al., 1993) โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าได้แก่ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscular stiffness) ที่ทำหน้าที่เสมือนสปริงในการดูดซับพลังงานในขณะกล้ามเนื้อถูกยืดออก ถ้าหากกล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างรวดเร็วตามมา พลังงานที่ถูกสะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาเรียกว่าการหดตัวยืดหยุ่น (Elastic recoil) (Lindstedt, LaStayo, and Reich, 2001) ซึ่งการวัดความแข็งตัวของกล้ามเนื้อบริเวณขา สามารถวัดได้จากความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Leg stiffness) ในขณะที่กล้ามเนื้อทำงานแบบคอนเซนตริกปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ แรงในการหดตัว (Contraction force) และความเร็วในการหดตัว (Contraction velocity) ที่ทำให้เกิดแรงขับ (Propulsion force) ในขณะปฏิบัติทักษะกีฬา ซึ่งการวัดประสิทธิภาพของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้านั้น สามารถทำ

ได้โดยการวัดดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength index) (Young, 1995)

ปัจจุบันรูปแบบการฝึกเชิงซ้อน (Complex training) กำลังได้รับความนิยมมากในนักกีฬาประเภททีม ทั้งนี้เนื่องจากการฝึกเชิงซ้อนสามารถพัฒนาทั้งความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ภายในการฝึกครั้งเดียวกัน โดยอาศัยคุณสมบัติการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสต์แอคทิเวชั่น-โพเทนทิเอชั่น (Postactivation potentiation) กล่าวคือประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการกระตุ้นให้ทำงานก่อนหน้า (Hodgson, Docherty, and Robbins, 2005) ซึ่งรูปแบบของการฝึกเชิงซ้อนส่วนใหญ่จะเป็นการฝึกสลับแบบชุดต่อชุด (Set by set) ระหว่างการฝึกแบบใช้แรงต้านที่ระดับความหนักสูง (Heavy resistance training) ร่วมกับการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric) (Chu, 1998) และเพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากการฝึกเชิงซ้อนสูงสุด ควรมีเวลาพักระหว่างการฝึกเวทเทรนนิ่งและพลัยโอเมตริก 4-8 นาที เพื่อลดความเมื่อยล้าจากการฝึกเวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูงก่อนหน้า ในขณะที่คุณสมบัติโพสต์แอคทิเวชั่น-โพเทนทิเอชั่นยังคงอยู่ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น (Jensen and Ebben, 2003; Turner et al., 2015; Healy and Comyns, 2017) โดยหลักการฝึกพลัยโอเมตริกจะมุ่งเน้นการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและทรงพลัง ซึ่งต้องอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์การยืด (Stretch reflex) กล่าวคือเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดตัวออกอย่างรวดเร็ว มัสเซิล สปินเดิล (Muscle spindle) ที่ทำหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการยืดของกล้ามเนื้อ จะถูกกระตุ้นทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ (Reflex) สั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่ถูกยืดตัวออกนั้นหดตัว ขณะเดียวกันก็ส่งสัญญาณไปยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) โดยยิ่งกล้ามเนื้อถูกยืดออกเร็วมาก ก็จะส่งผลให้แรงหดตัวที่เกิดจากรีเฟล็กซ์นี้มากขึ้น นอกจากนี้การฝึกแบบพลัยโอเมตริกในขณะที่ลงสู่พื้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการยืดตัวออกอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Elastic component) ดังนั้นในการฝึกจะต้องมีการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วตามมา ตัวอย่างเช่น การกระโดดขึ้นทันทีภายหลังจากย่อลง (Counter-movement jump) จึงจะได้ประโยชน์จากการฝึกพลัยโอเมตริกสูงสุด จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกาย เช่น ความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไวได้ (Potteiger et al., 1999; Burgess et al., 2007; Malisoux, Francaux, and Theisen, 2007; Negra et al., 2016) นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าการใช้การฝึกพลัยโอเมตริกที่มีรูปแบบเฉพาะเจาะจงกับกิจกรรมการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction, COD) เช่น การกระโดดในแนวราบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนทิศทางได้อีกด้วย (Asadi et al., 2016) อย่างไรก็ตามในการฝึกเชิงซ้อนนั้นก่อนที่จะมีการฝึกด้วยพลัยโอเมตริกจำเป็นต้องมีการฝึกด้วยแรงต้านก่อนเสมอ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เวทเทรนนิ่งที่มีความหนักน้อยกว่าความหนักสูงสุดที่ยกได้ครั้งเดียว (One repetition maximum ;1RM)

และมีการเคลื่อนไหวทั้งช่วงเอกเซนตริกและคอนเซนตริก โดย Hortobagyi et al. (1996) พบว่าการหดตัวแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริกจะมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อและเอ็นยึดกล้ามเนื้อเกิดการปรับตัวที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกแบบเอกเซนตริก (Eccentric training) จะส่งผลให้ความแข็งแรงและพลังเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งทั่วไป (Roig et al., 2008; Maroto-Izquierdo et al., 2017) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริก จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น (Schoenfeld, 2010), มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเพิ่มมากขึ้น (Friedmann-Bette et al., 2010) มีความแข็งตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Lindstedt et al., 2001) และการฝึกแบบเอกเซนตริกยังทำให้เกิดความตื่นตัวและความเครียดต่อหน่วยยนต์มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบทั่วไป (Dartnall et al., 2009; Vogt and Hoppeler, 2014) ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของคุณสมบัติโพสแอคทิเวชั่น-โพเทนทิเอชั่นจากการฝึกเชิงซ้อนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Spiteri et al., 2014; Spiteri et al., 2015; Jones et al., 2017) ทั้งนี้เนื่องจากในขณะเปลี่ยนทิศทางจะมีการเบรกหรือชะลอ (Deceleration) ซึ่งต้องการความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) (Spiteri et al., 2014) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการให้โปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้ดีขึ้น (de Hoyo et al., 2016; Tous-Fajardo et al., 2016; Sabido et al., 2017) และยังสามารถพัฒนา เวลาในการวิ่ง (Sprint time) (de Hoyo et al., 2015; Tous-Fajardo et al., 2016; Sabido et al., 2017) และลดความเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บและความรุนแรงของการบาดเจ็บลงได้ (de Hoyo et al., 2015) นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่า การฝึกแบบเอกเซนตริกที่ความหนัก 120% ของ 1RM สามารถพัฒนา ความแข็งแรงและพลังได้ดีกว่าการฝึกรูปแบบอื่น (Cook, Beaven, and Kilduff, 2013; Munger et al., 2017)

จากที่ได้กล่าวมาสรุปได้ว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกนั้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มสมรรถนะของนักกีฬามากขึ้นและยังสามารถช่วยป้องกันการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมได้ ซึ่งรูปแบบการฝึกแบบเอกเซนตริกนั้นมีความเหมาะสมกับกีฬาฟุตบอลอย่างมากเนื่องจากในกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภทหนักสลับเบาโดยในช่วงหนักมักมีความต้องการพลังของกล้ามเนื้อสูง และกีฬาฟุตบอลมีการวิ่งที่ความหนักสูงสุดที่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระยะทางสั้นๆร่วมกับการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (Rienzi et al., 2000) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้การฝึกแบบเอกเซนตริกที่ความหนัก 120% ของ 1RM ไปแทนการใช้เวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปในโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอล และเพื่อเปรียบเทียบการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหาในการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกจะส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลหรือไม่และแตกต่างจากผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างไร

สมมติฐานการวิจัย

1.การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกจะส่งผลให้สมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลดีขึ้น

2.การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกจะสามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

2.เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักฟุตบอลชาย ระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักฟุตบอลชายระดับมหาวิทยาลัย ที่รับสมัครจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จำนวน 26 คน โดยการสุ่มเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย เพื่อป้องกันการถอนตัวจากการวิจัย ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกกลุ่มละ 2 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มๆละ15 ด้วยวิธีจับคู่แบบทีละคู่ (Matched pair) โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์ ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนเป็นเกณฑ์ ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (Eccentric complex training group)
- กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training group)

3. ตัวแปรในงานวิจัย

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการฝึก 2 รูปแบบได้แก่

- การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (Eccentric complex training)
- การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training)

3.2 ตัวแปรตาม

3.2.1ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Isokinetic strength)

- ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength)
- ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (Concentric strength)

3.2.2 พลังของกล้ามเนื้อ (Muscular power)

- พลังของกล้ามเนื้อขา (Countermovement jump)
- ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength index)
- ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Leg stiffness)

3.2.3 ความเร็วในการวิ่ง (Speed)

- เวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตรและ 20 เมตร

3.2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction)

- แบบทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางแบบ 505

3.2.5 ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

- แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบอิลินอยส์ (Illinois agility test)

4. ระยะเวลาในการวิจัย ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ในช่วงเวลา 16.00 – 17.30 นาฬิกา โดยสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เป็นการฝึกปฏิบัติในท่าแบ็คสวอช (Back squat) ด้วยเครื่องสมิธแมชชีน (Smith machine) และสัปดาห์ที่ 3-8 เป็นการทดลองและเก็บข้อมูลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดของการวิจัย

1.ไม่สามารถควบคุมอาหารที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเลือกการรับประทานตลอดช่วงระยะเวลาของการวิจัยนี้ได้

2. ไม่สามารถควบคุมกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้เข้าร่วมการวิจัยตลอดช่วงระยะเวลาของการวิจัยนี้ได้

3. ในการวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมการวิจัยถอนตัวจากการวิจัยจำนวน 5 คน เนื่องจากมีอาการบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบและ/หรือเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นจึงเหลือจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 25 คน ประกอบด้วยกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 13 คน กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 12 คน

คำจำกัดความของการวิจัย

1. การฝึกเชิงซ้อน (Complex training) หมายถึง การฝึกที่ประกอบด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักเมื่อครบชุดแล้วจะต้องพักชั่วขณะหนึ่งด้วยระยะเวลาที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะตามมาด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกจนครบชุด ทำสลับกันชุดต่อชุดจนครบจำนวนชุดที่ได้กำหนดไว้

2. การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (Eccentric complex training) หมายถึง การฝึกที่ความหนัก 120% ของความหนักสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง โดยเริ่มต้นจากท่ายืนแล้วผู้ช่วยทั้งสองฝั่งยกบาร์เบล (Barbell) ที่ใส่น้ำหนักแล้วไว้ แล้วปล่อยเมื่อผู้ปฏิบัติพร้อม ผู้ปฏิบัติจะต้องออกแรงต้านให้มากที่สุดจนกว่ามุมภายในของเข่าทำมุม 90 องศา จึงนับว่าจบ 1 ครั้ง ปฏิบัติทั้งหมด 4 ครั้ง แล้วทำการพัก 5 นาที หลังจากนั้นจะทำการฝึกพลัยโอเมตริก จำนวน 12 ครั้งจึงนับว่าจบ 1 ชุดของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก จากนั้นพัก 5 นาทีแล้วจึงเริ่มปฏิบัติชุดถัดไป ปฏิบัติทั้งหมด 4 ชุดของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

3. การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training) หมายถึง การฝึกที่ความหนัก 80% ของความหนักสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง โดยเริ่มจากปฏิบัติจำนวน 6 ครั้ง แล้วทำการพัก 5 นาที หลังจากนั้นจะทำการฝึกพลัยโอเมตริก จำนวน 12 ครั้งจึงนับว่าจบ 1 ชุดของการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป จากนั้นพัก 5 นาทีแล้วจึงเริ่มปฏิบัติชุดถัดไป ปฏิบัติทั้งหมด 4 ชุดของการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

4. พลัยโอเมตริก (Plyometric) หมายถึง รูปแบบการฝึกที่กล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกอย่างรวดเร็วขณะลงสู่พื้นและจะสะสมพลังงานศักดิ์ยืดหยุ่นไว้หลังจากนั้นจะทำงานแบบคอนเซนตริกอย่างรวดเร็วและออกแรงมากที่สุดในการกระโดดอีกครั้งหนึ่ง โดยในการวิจัยนี้จะใช้การฝึกพลัยโอเมตริกในแนวราบ ซึ่งจะใช้ท่ากระโดดทแยงแบบสลับขา (Alternate leg diagonal bounding)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. สมรรถภาพกล้ามเนื้อขา (Leg muscular performance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ โดยในการวิจัยนี้จะศึกษาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่

5.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวออกแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Quadriceps) ทำการทดสอบด้วยเครื่องไอโซคิเนติกส์ โดยแบ่งเป็น

- ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวออกแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก
- ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (Concentric strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวออกแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบหดสั้นเข้า

5.2 พลังของกล้ามเนื้อขา (Leg muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาในการหดตัวออกแรงได้มากที่สุดและเร็วที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพลังของกล้ามเนื้อขาโดยทำการทดสอบ เคาร์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (Countermovement jump)

5.3 ความเร็วในการวิ่ง (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในการวิ่งด้วยระยะเวลาอันสั้นที่สุด ในการวิจัยนี้จะทำการทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 และ 20 เมตร ด้วยอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate

5.4 ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) หมายถึง ความสามารถในการชะลอความเร็วแล้วเร่งความเร็วเปลี่ยนทิศทางไปยังตำแหน่งใหม่โดยที่กำหนดตำแหน่งใหม่ไว้แล้วล่วงหน้า ในการวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบด้วยวิธีทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางแบบ 505

5.5 ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแล้วเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือเปลี่ยนทิศทางทั้งร่างกายโดยไม่เสียสมดุลและกระทำอย่างรวดเร็ว โดยการวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบอิลินอยส์

5.6 ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength index) หมายถึง ความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้อขณะที่ถูกยืดยาวออกสู่การหดตัวสั้นเข้าอย่างรวดเร็วและทรงพลัง โดยในการวิจัยนี้ใช้การกระโดดดรอปจั๊มพ์ บนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก

5.7 ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Leg stiffness) หมายถึง อัตราส่วนของแรงสูงสุดที่ตรวจวัดได้จากแผ่นตรวจรับแรงกระแทกในขณะกระโดดแบบซ้ำๆต่อการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของจุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีของ Lloyd et al. (2009)

6. การแข่งขันฟุตบอลระดับชาติ หมายถึง รายการแข่งขันฟุตบอลที่จัดขึ้นเพื่อแข่งขันภายในประเทศ ซึ่งจัดขึ้นโดยกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาหรือสมาคมฟุตบอลแห่งประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอล จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้สำหรับศึกษาและวิจัย ซึ่งสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อลาย
2. สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
3. สมรรถภาพกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอล
4. ทฤษฎีการฝึกและวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง
5. การฝึกเชิงซ้อน
6. การฝึกแบบเอกเซนตริก
7. การฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่ากับกีฬาฟุตบอล
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

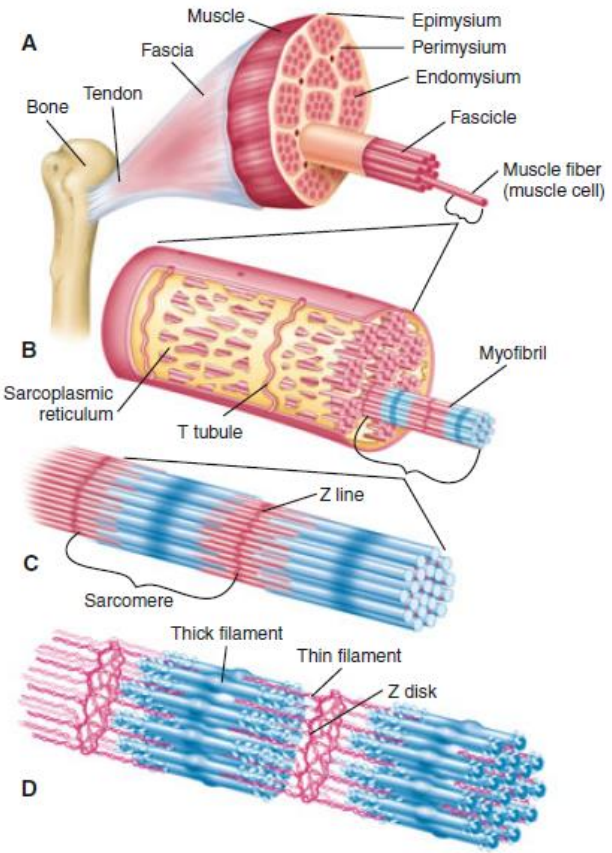
สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อลาย

Drum, Weatherwax, and Dixon (2016) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อลายมีหน้าที่สำคัญในการเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อลายสามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานกล โดยกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนพลังงานจากสารอาหารที่รับประทานเข้าไปเพื่อเป็นพลังงานสำหรับใช้ในการปฏิบัติภารกิจต่างๆเมื่อถูกกระตุ้นจากระบบประสาท ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นจากการร่วมกันทำงานขององค์ประกอบต่างๆของกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อลาย

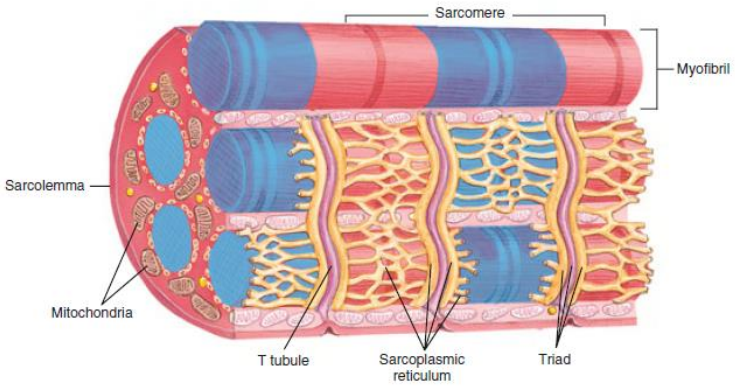
กล้ามเนื้อลายทุกมัดในร่างกายจะมีองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 1) โดยที่ปลายทั้งสองด้านของมัดกล้ามเนื้อจะเป็นเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) ที่ยึดติดอยู่กับกระดูกโดยเอ็นกล้ามเนื้อจะไม่มีหน่วยที่ทำหน้าที่หดตัว (Contractile unit) ดังนั้นเอ็นยึดกล้ามเนื้อจะทำหน้าที่ส่งผ่านแรงจากกล้ามเนื้อไปยังกระดูก โดยแรงในการหดตัวนี้เกิดจากการทำงานของหน่วยที่ทำหน้าที่หดตัวภายในกล้ามเนื้อซึ่งมีขนาดเล็กเรียกว่า ไมโอไฟบริล (Myofibrils) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber)



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของกล้ามเนื้อ

ที่มา: Anatomy & Physiology Laboratory Manual, Patton (2007)

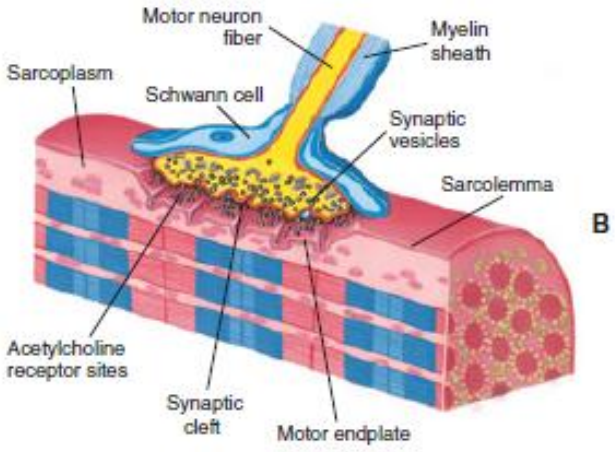
เส้นใยกล้ามเนื้อจัดเป็นเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย โดยมีเยื่อหุ้มภายนอก เรียกว่าซาโคเลมมา (Sarcolemma) และภายในประกอบด้วยออแกเนลและองค์ประกอบต่างๆเรียกว่า ซาโคพลาสซึม (Sarcoplasm) โดยในซาโคพลาสซึมมีซาโคพลาสมิก เรติคูลัม (Sarcoplasmic reticulum) ที่มีลักษณะเป็นร่างแหเกาะอยู่กับไมโอไฟบริลที่วางตัวทอดเรียงตามแนวยาวของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ที่ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์กล้ามเนื้อ และทีทูบูล (T-tubule) ที่ทำหน้าที่ส่งผ่านกระแสประสาท (Nerve impulse) จากซาโคเลมมา (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ที่มา: Anatomy & Physiology Laboratory Manual, Patton (2007)

กระแสประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อลายจะมาจากเส้นใยประสาทสั่งการ (Motor neuron fiber) โดยที่ส่วนปลายของเส้นใยประสาทสั่งการจะเชื่อมต่ออยู่กับเส้นใยกล้ามเนื้อที่บริเวณซาโคเลมมา โดยจุดที่อยู่ติดกับเส้นใยประสาทบนซาโคเลมมานี้เรียกว่ามอเตอร์เอนเพลท (Motor endplate) โดยเรียกจุดเชื่อมต่อระหว่างเส้นใยประสาทและเมอเตอร์เอนเพลทเรียกว่า นิวโรมัสคูลาร์จังก์ชัน (Neuromuscular junction) ซึ่งเป็นจุดที่มีการถ่ายทอดกระแสประสาท (Synapse) จากเส้นใยประสาทสู่เส้นใยกล้ามเนื้อ (ภาพที่ 3)

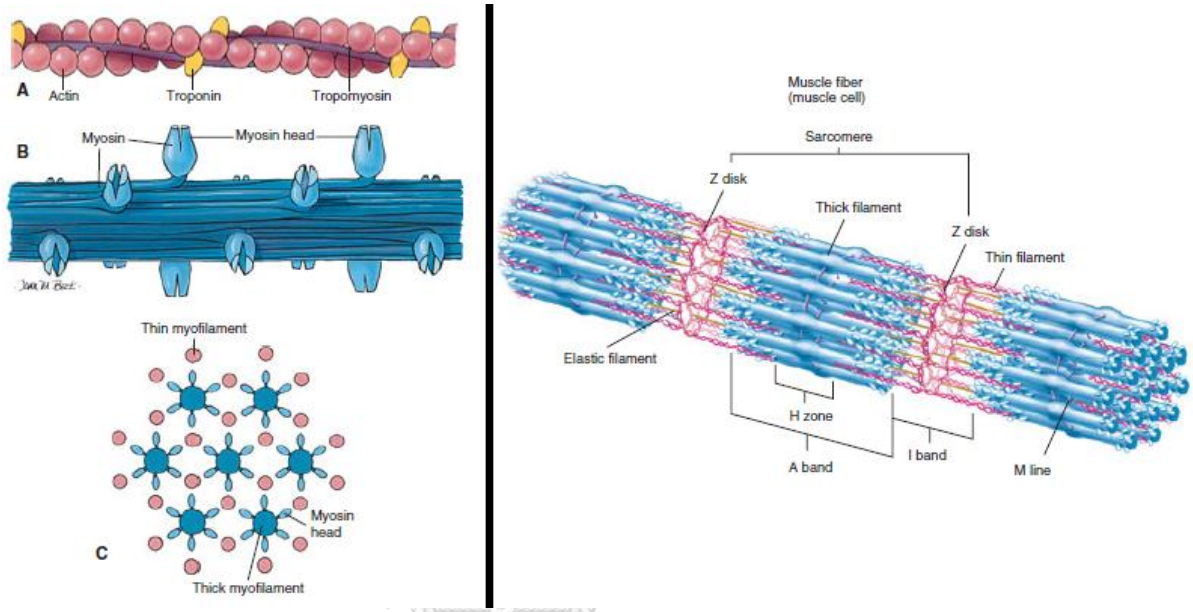


ภาพที่ 3 นิวโรมัสคูลาร์จังก์ชัน

ที่มา: Anatomy & Physiology Laboratory Manual, Patton (2007)

ภายในไมโอไฟบริลประกอบด้วยเส้นใยโปรตีน 2 ชนิดที่ทำหน้าที่หดตัว (Contractile protein) ได้แก่โปรตีนเส้นใยหนา (Thick filament) หรือกลุ่มของไมโอซิน (Myosin) และโปรตีนเส้นใยบาง (Thin filament) ที่ประกอบด้วย แอคติน (Actin), โทรโปนิน (Troponin) และโทรโปไมโอซิน (Tropomyosin) ซึ่งเส้นใยทั้ง 2 แบบนั้นจะจัดเรียงอยู่ขนานกัน โดยจุดสิ้นสุดของแอคตินทั้งสองด้านจะอยู่ติดกับซาโคเมียร์ (Sarcomere) ที่อยู่ข้างกัน ซึ่ง ณ จุดนี้แอคตินจะประสานกันกับแอคตินของ

ซาโคเมียร์ที่อยู่ติดกัน ซึ่งบริเวณที่แอคตินของทั้งสองซาโคเมียร์ประสานกันนี้ เรียกว่า ซีดิสก์ (Z disc) โดยความยาวของซาโคเมียร์คือระยะตั้งแต่ซีดิสก์ด้านหนึ่งสู่ซีดิสก์อีกด้านหนึ่ง (ภาพที่ 4) ในสภาวะพักโทรโปไมโอซินบนเส้นใยแบบบางจะบังแอคทีฟไซต์ (Active site) ไว้ทำให้ไมโอซินไม่สามารถจับตัวกับแอคตินแล้วทำให้เกิดการหดตัวได้ โดยการหดตัวของซาโครเมียร์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโทรโปไมโอซินเคลื่อนตัวออก เปิดแอคทีฟไซต์ให้ไมโอซินและแอคตินสามารถจับกันได้



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของไมโอไฟบริล

ที่มา: Anatomy & Physiology Laboratory Manual, Patton (2007)

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

Patton (2007) ได้กล่าวว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อ มี 2 กลไก ได้แก่กลไกการหดตัว มี 7 ขั้นตอน และกลไกการคลายตัวมี 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลไกการหดตัว

1. กระแสประสาทสั่งการถูกส่งมาถึงปลายเส้นใยประสาททำให้มีการปล่อยสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ที่ชื่อ อะซิติลโคลีน (Acetylcholine) ออกมา
2. อะซิติลโคลีนแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วผ่านช่องว่างของนิวโรมัสคูลาร์จังก์ชันแล้วจับตัวกับตัวรับอะซิติลโคลีน (Acetylcholine receptor) ที่อยู่บนมอเตอร์เอนเพลทของเส้นใยกล้ามเนื้อ
3. ตัวรับอะซิติลโคลีนเริ่มส่งกระแสกระตุ้นผ่านซาโคเลมมาแล้วผ่านทีทูบูลจนไปถึงซาโคพลาสมิก เรติคูลัม

4. แคลเซียมไอออนถูกปล่อยออกจากซาโคพลาสมิก เรติคูลัมแพร่กระจายไปในซาโคพลาสซึม แล้วแคลเซียมไอออนได้จับตัวกับโทรโปนินบนเส้นใยแบบบาง
5. โทรโปไมโอซินบนเส้นใยแบบบางเคลื่อนตัวออกทำให้แอคทีฟไซต์ถูกเปิดไมโอซินและแอคตินจึงสามารถจับกันได้
6. การได้รับพลังงานทำให้ไมโอซินและแอคตินสามารถจับกันได้ โดยไมโอซินจะดึงแอคตินเข้าสู่ศูนย์กลางของซาโคเมียร์ โดยวงจรการดึง (Cross-bridge cycle) นี้จะดำเนินซ้ำๆและดำเนินต่อไปตราบเท่าที่มีพลังงานเพียงพอและจะหยุดเมื่อแคลเซียมไอออนถูกกำจัดออกจากซาโคพลาสซึม
7. จากการที่ซาโคเมียร์ถูกดึงเข้าสู่ศูนย์กลางของซาโคเมียร์ทำให้กล้ามเนื้อมีการหดตัว

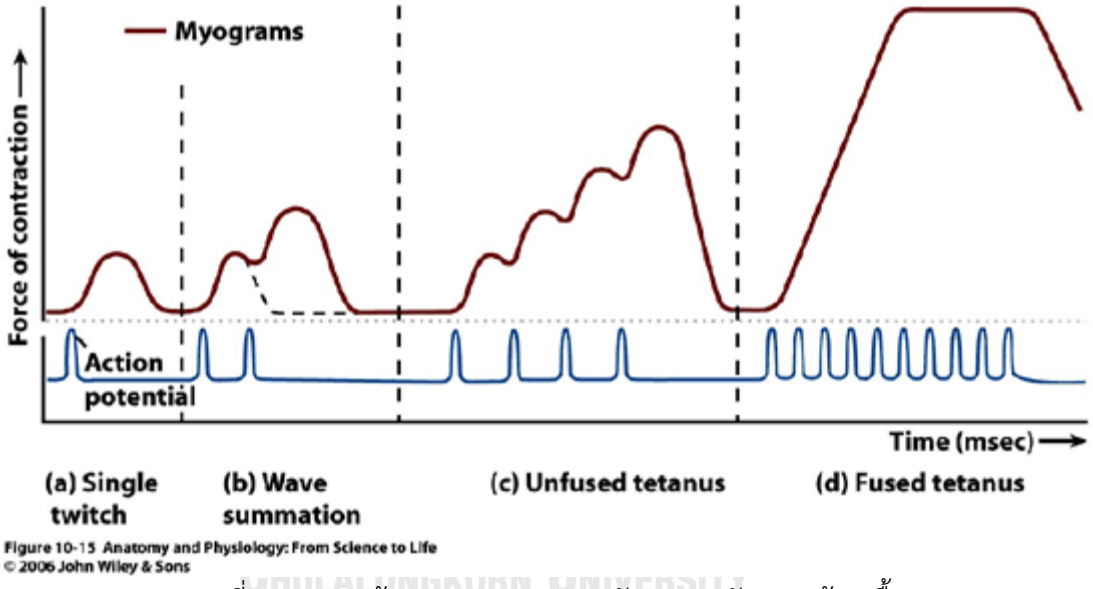
กลไกการคลายตัว

1. หลังจากสิ้นสุดการกระตุ้นจากกระแสประสาท ซาโคพลาสมิก เรติคูลัมจะพาแคลเซียมกลับเข้าไปภายในซาโคพลาสมิก เรติคูลัม ด้วยวิธีการแอคทีฟทรานสปอร์ต (Active transport) หรือการใช้พลังงานเพื่อดึงแคลเซียมไอออนกลับ
2. เมื่อแคลเซียมไอออนถูกดึงออกจากโทรโปนิน ทำให้โทรโปไมโอซินกลับสู่ตำแหน่งเดิมแล้วบังแอคทีฟไซต์ไว้
3. เมื่อแอคทีฟไซต์ถูกบัง วงจรการดึงจึงไม่สามารถดำเนินต่อได้
4. เมื่อเส้นใยแบบหนาและเส้นใยแบบบางไม่ได้จับกัน ทำให้กล้ามเนื้อกลับเข้าสู่สภาวะพัก หรือคลายตัว

หน่วยยนต์และสรีรวิทยาของหน่วยยนต์

หน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อ (Motor unit) หมายถึงเส้นใยประสาทสั่งการหนึ่งเส้นที่เลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนหนึ่ง โดยบางหน่วยยนต์เลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนไม่มาก แต่บางหน่วยยนต์เลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อกว่าพันเส้นใย ซึ่งจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อภายในหน่วยยนต์มีความสัมพันธ์กับความแม่นยำในการเคลื่อนไหว หากว่าหน่วยยนต์เลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนน้อยจะทำให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ เช่นกล้ามเนื้อมือ ที่จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อหน่วยยนต์มีจำนวนน้อยจึงทำให้กล้ามเนื้อมือเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ แต่ในทางกลับกัน กล้ามเนื้อหน้าท้องมีหน่วยยนต์ที่เลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อกว่าพันเส้นใยจึงทำให้กล้ามเนื้อหน้าท้องเคลื่อนที่ได้ไม่แม่นยำ เนื่องจากลักษณะการทำงานกล้ามเนื้อหน้าท้องนั้นไม่ได้ต้องการความแม่นยำ การทำงานของหน่วยยนต์จะเป็นการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อซึ่งการสั่งการให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น

จากกระแสประสาทที่ถูกส่งมาตามเส้นใยประสาทสู่กล้ามเนื้อ มีการศึกษาโดยการกระตุ้นกล้ามเนื้อให้ถึงจุดแอคชั่นโพเทนเชี่ยล (Action potential) พบว่ากล้ามเนื้อจะไม่หดตัวในทันที แต่มีการหน่วงเวลาเล็กน้อย (Latent period) ก่อนที่จะมีการหดตัวหลังจากนั้นจะคลายตัว โดยสาเหตุที่มีการหน่วงเวลาเล็กน้อยนั้นเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่การกระตุ้นหรือกระแสประสาทไหลสู่ซาโคเลมมา เข้าสู่ทีทูบูล แล้วเข้าสู่ซาโคพลาสมิก เรติคูลัม ก่อนที่จะปล่อยแคลเซียมออกมาจนทำให้เกิดวงจรการดึงที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว หลังจากนั้นจึงคลายตัวเมื่อไม่ได้รับการกระตุ้น หากกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำจะเกิดปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อจะสามารถหดตัวได้แรงขึ้นกว่าครั้งก่อนหน้า เรียกว่าปฏิกิริยาขั้นบันได (Staircase effect) โดยเมื่อสิ้นสุดการกระตุ้นกล้ามเนื้อจะเข้าสู่สภาวะคลายตัว หากมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยความถี่สูงจะทำให้กล้ามเนื้อไม่มีช่วงเวลาคลายตัว ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อออกแรงเพิ่มขึ้นได้ต่อเนื่องจนถึงแรงสูงสุด โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ทีทานัส (Tetanus)



ภาพที่ 5 การกระตุ้นของระบบประสาทกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ที่มา: Anatomy and Physiology: From Science to Life, Jenkins, Kemnitz, and Tortora (2006)

รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อ

เมื่อกล้ามเนื้อทำงาน กล้ามเนื้อจะสร้างแรงที่เกิดจากวงจรการดึงระหว่างแอคตินและไมโอซิน ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อหดสั้นเข้า, คงความยาวไว้ หรือต้านการยืดออก ชนิดการทำงานของกล้ามเนื้อสามารถจำแนกได้สามชนิดคือ

1. ไอโซคิเนติกส์ (Isokinetic) หรือการหดตัวแบบความเร็วเชิงมุมคงที่ คือการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยมีความตึงตัว (Tension) ของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนไหวและความยาวของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงด้วยความเร็วคงที่ เช่นการงอข้อศอกด้วยความเร็ว 60

องศาต่อวินาที ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้ เป็นการเคลื่อนไหวที่ไม่มีในธรรมชาติของการเคลื่อนไหว จึงต้องใช้เครื่องมือพิเศษ คือเครื่องไอโซคิเนติกส์

2. ไอโซเมตริก (Isometric) หรือการหดตัวแบบความยาวคงที่ คือการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยมีความตึงตัว (Tension) ของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นแต่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง หากเมื่อพิจารณาในซาโคเมียร์ จะพบว่าไมโอซินทำการจับกับแอคตินแล้วปล่อยแล้วจับใหม่โดยที่ไม่มีการหดสั้นเข้าของซาโคเมียร์
3. ไอโซโทนิก (Isotonic) หรือการหดตัวแบบเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งได้ 2 แบบคือ
   - คอนเซนตริก (Concentric) หรือการหดตัวแบบความยาวกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า โดยแรงของกล้ามเนื้อมีมากกว่าแรงต้านจึงทำให้ความยาวกล้ามเนื้อหดสั้นลง เมื่อพิจารณาที่ซาโคเมียร์จะพบว่าความยาวซาโคเมียร์หดสั้นลง
   - เอกเซนตริก (Eccentric) หรือการหดแบบความยาวของกล้ามเนื้อยืดยาวออก โดยแรงของกล้ามเนื้อมีน้อยกว่าแรงต้านจึงทำให้ความยาวของกล้ามเนื้อยืดยาวออกเมื่อพิจารณาที่ซาโคเมียร์จะพบว่าความยาวซาโคเมียร์ยาวขึ้น (จากเดิมที่สั้นอยู่)

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อและคุณสมบัติ

เส้นใยกล้ามเนื้อของมนุษย์ สามารถแบ่งเป็น เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch fiber) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch fiber) ซึ่งแบ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบเอ (Fast-twitch a) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบบี (Fast-twitch b) ในบางครั้งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าถูกเรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type1) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะถูกเรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type2) ซึ่งแบ่งเป็น เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แบบเอ (Type2A) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แบบบี (Type2B) โดย Karp (2001) ได้กล่าวถึงความแตกต่างของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดว่า

เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้า มีสมบัติคือมีความเร็วในการหดตัว (Contraction time) ช้า แต่มีความต้านทานต่อการล้า (Resistance to fatigue) สูง ขนาดใยประสาทสั่งการ (Size of motor neuron) และเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscular fiber size) มีขนาดเล็ก, มีความหนาแน่นของไมโตคอนเดรีย (Mitochondrial density) และหลอดเลือดฝอยสูง (Capillary density), มีปริมาณไมโอโกลบิน (Myoglobin) มาก แต่มีครีเอทีน ฟอสเฟต (Creatine phosphate) และไกลโคเจน (Glycogen) น้อย, มีการสะสมไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) มาก และปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการที่ใช้ออกซิเจนสูง

เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว มีสมบัติคือหดตัวเร็ว และออกแรง (Force production), ได้สูง แต่ต้านทานการล้าได้น้อย โดยสามารถแบ่งได้สองชนิดคือ

เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วแบบเอ มีสมบัติคือต้านทานการล้าได้ปานกลาง, มีเส้นใยประสาทสั่งการและเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่, มีความหนาแน่นไมโตคอนเดรียสูง, มีความหนาแน่นเส้นเลือดฝอยปานกลาง, มีการสะสมครีเอทีนฟอสเฟตและไกลโคเจนไว้มาก, สะสมไตรกลีเซอไรด์ไว้ปานกลาง, มีเอนไซม์สำหรับไกลโคไลซิสและเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการออกซิเดชั่นสูง

เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วแบบบี เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีสมบัติในการต้านทานการล้าได้ต่ำ, ออกแรงได้มาก โดยมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดอื่นๆ, มีเส้นใยประสาทสั่งการขนาดใหญ่แต่มีความหนาแน่นของไมโตคอนเดรีย, หลอดเลือดฝอยและไมโอโกลบินต่ำ, มีการสะสมครีเอทีนฟอสเฟตและไกลโคเจนสูง แต่สะสมไตรกลีเซอไรด์น้อย, มีเอนไซม์สำหรับไกลโคไลซิสสูงแต่มีเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการที่ใช้ออกซิเจนต่ำ (สรุปได้ดังตารางที่ 1) จากคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันทำให้ เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีความสามารถเด่นต่อกิจกรรมที่แตกต่างกัน เช่นเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้า เนื่องจากทนความล้าได้สูงจึงเหมาะสมกับการทำงานที่ความหนักต่ำและใช้ระยะเวลานาน เช่นการแข่งขันวิ่งมาราธอน ปั่นจักรยานทางไกล เป็นต้น, เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบเอ สามารถทนต่อการล้าได้ปานกลางและมีเอนไซม์สำหรับไกลโคไลซิสสูง จึงเหมาะสมกับกิจกรรมที่ความหนักสูงระยะเวลาน้อยถึงปานกลาง เช่นการวิ่งแข่งขันระยะ 400 เมตร และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบบีนั้นเหมาะสมกับกิจกรรมที่ใช้แรงระเบิดเนื่องจากออกแรงได้สูงและหดตัวได้เร็วมากแต่อดทนต่อความล้าได้น้อยมาก เช่น กีฬายกน้ำหนัก, กีฬาประเภททุ่ม, พุ่ง, ขว้าง, กระโดดสูง หรือการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร เป็นต้น

ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิด

Fiber Type	Slow-Twitch (ST)	Fast-Twitch A (FT-A)	Fast-Twitch B (FT-B)
Contraction time	Slow	Fast	Very Fast
Size of motor neuron	Small	Large	Very Large
Resistance to fatigue	High	Intermediate	Low
Activity used for	Aerobic	Long-term Anaerobic	Short-term Anaerobic
Force production	Low	High	Very High
Mitochondrial density	High	High	Low
Capillary density	High	Intermediate	Low
Oxidative capacity	High	High	Low
Glycolytic capacity	Low	High	High
Major storage fuel	Triglycerides	CP, Glycogen	CP, Glycogen

ที่มา: Muscle Fiber Types and Training, Karp (2001)

Karp (2001) กล่าวว่า การระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) คือการที่กล้ามเนื้อออกแรงโดยสั่งการหน่วยยนต์ให้ทำงาน โดยมีลำดับการสั่งการตามขนาดของหน่วยยนต์ ที่เรียกว่า ไซส์ พรินซิเพิล คือจะสั่งการจากหน่วยยนต์ขนาดเล็กซึ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้าจะถูกระดมก่อนหากมีความต้องการออกแรงเพิ่มมากขึ้นจะมีการระดมหน่วยยนต์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้แก่เส้นใย

กล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบเอและแบบบี ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่ว่าความหนักจะมากหรือน้อยเท่าใด หน่วยยนต์แบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะถูกระดมก่อนเสมอ หากนักกีฬาปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักต่ำหน่วยยนต์แบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าอาจเป็นเพียงหน่วยยนต์ชนิดเดียวที่ถูกระดม แต่หากมีการฝึกที่ความหนักสูงเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้าจะถูกระดมก่อนแล้วเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบเอและแบบบีจะถูกระดมทีหลัง มีหลักฐานว่าไซส์ พรินซิเพิล อาจจะกลับกันโดยจะระดมหน่วยยนต์ที่มีขนาดใหญ่ก่อนหน่วยยนต์ที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะในการปฏิบัติกิจกรรมแบบเอกเซนตริก

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อคือความสามารถของกล้ามเนื้อในการประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวันทั่วไปและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกีฬา โดย Sharkey and Gaskill (2006) ได้จำแนกองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อไว้ 7 ด้านด้วยกันดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) คือความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดในหนึ่งครั้ง ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของกีฬาทุกชนิด แต่อาจมีความแตกต่างกันในบางชนิดกีฬา เช่นบางกีฬาใช้ความแข็งแรงในการขว้างแต่บางกีฬาใช้ความแข็งแรงในการเตะ เป็นต้น ดังนั้นในการพัฒนาความแข็งแรงในนักกีฬาควรคำนึงถึงลักษณะทักษะและรูปแบบของกีฬา โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อและชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber)

2. พลัง (Power) คือความสามารถในการออกแรงเคลื่อนไหวภายในหน่วยเวลาหนึ่งโดยผู้ที่มีประสิทธิภาพกล้ามเนื้อที่ดีหมายถึงผู้ที่สามารถอออกกแรงได้มากในระยะเวลาอันรวดเร็ว กล่าวคือก่อให้เกิดงานในระดับสูงในระยะเวลาอันสั้นซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อหรือชุดของกล้ามเนื้อด้วยจำนวนครั้งที่มากกว่าหนึ่งครั้ง เช่น การวิ่ง,การว่าย,การปั่น เป็นต้น หรืออาจเกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อหรือชุดของกล้ามเนื้อภายในหนึ่งครั้ง เช่นการกระโดด, การทุ่ม,การพุ่ง,การขว้าง ซึ่งการทำงานครั้งเดียวและเกิดงานมากที่สุดนี้เรียกว่าพลังระเบิด (Explosive power) โดยสมการของพลัง คือ P = Work / Time คืองานส่วนด้วยเวลา หรืออาจแจงได้เป็น P = (Force x Distance)/Time คือแรงคูณระยะทางส่วนด้วยเวลา สามารถเขียนเป็นรูปง่ายๆคือ P = Force x Velocity โดย Force หมายถึงแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อและ Velocity หมายถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงหมายถึงพลังของกล้ามเนื้อในการหดตัวหนึ่งครั้ง เป็นที่ยอมรับว่าพลังคือปัจจัยที่ทำให้เกิดความสำเร็จและเป็นผู้เล่นชั้นนำ เช่น Cometti et al. (2001) ที่กล่าวว่าในกีฬาฟุตบอลผู้เล่นชั้นนำต้องการการพัฒนาความเร็วและพลังมาเป็นอย่างดี และ Stone et al. (2002) กล่าวว่าพลังคือปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในหลายชนิดกีฬา ทั้งนี้ในการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปฏิบัติกิจกรรมกีฬาจะมีน้ำหนักของร่างกายเข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างนักกีฬาที่มีพลังกล้ามเนื้อเท่ากันแต่นักกีฬาคนใดคนหนึ่งมีน้ำหนักมากกว่าจะทำให้นักกีฬาคนนั้นสามารถเคลื่อนที่ระยะทางน้อยกว่า เช่นความสูงในการกระโดดที่น้อยกว่าเป็นต้น ดังนั้นในการประเมินพลังของกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบมันประเมินด้วยอัตราส่วน พลังกล้ามเนื้อต่อน้ำหนักตัว (Relative power) หรือทำการเปรียบเทียบโดยใช้ระยะทางที่สามารถกระทำได้ในการออกแรงหนึ่งครั้งเช่นระยะในการกระโดด เป็นต้น

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อและพลังอดทน (Muscular endurance and Power endurance)

3.1 ความอดทนของกล้ามเนื้อ คือความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรม ที่ความหนักต่ำกว่าระดับสูงสุด (Sub-maximal) ได้นานหรือใช้เวลานานจึงจะเกิดความเมื่อยล้าขึ้น เช่น คุณลักษณะของนักวิ่งมาราธอน นักปั่นจักรยานระยะไกล, นักว่ายน้ำระยะไกล เป็นต้น

3.2 พลังอดทน คือความสารมารถในการปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้ความเร็วอย่างซ้ำๆ เช่น การแข่งขันวิ่ง 100 เมตร การออกหมัดของนักมวย เป็นต้น

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

4.1 เวลาปฏิกิริยา คือเวลาที่ใช้หลังจากได้รับสิ่งเร้าจนถึงเริ่มมีการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยสามารถอธิบายและยกตัวอย่างได้ดังนี้ ตัวอย่างเช่นการเซฟลูกของผู้รักษาประตู เวลาปฏิกิริยาจะเริ่มนับจากผู้รักษาประตูสังเกตเห็นลูกฟุตบอลที่พุ่งเข้ามา ดังนั้นจึงเกิดกระบวนการทางสมองเพื่อตัดสินใจในการตอบสนอง เมื่อตัดสินใจแล้วจึงเกิดการสั่งการกล้ามเนื้อเมื่อกระแสประสาทจากสมองมาถึงกล้ามเนื้อที่ใช้ในการตอบสนอง จึงนับว่าสิ้นสุดเวลาปฏิกิริยา จากกระบวนการเหล่านี้และเมื่อพิจารณาจากหลายๆชนิดกีฬาพบว่าเวลาปฏิกิริยานั้นมีความสำคัญต่อการปฏิบัติกิจกรรมทางการกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ความไว คือความสามารถในการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วในพื้นที่น้อยๆหรือระยะทางสั้นๆ เช่นผู้รักษาประตูพุ่งปัดลูกฟุตบอลออกจากกรอบประตู ซึ่งหมายถึงการรวมกันของเวลาปฏิกิริยาและการตอบสนองโดยการเคลื่อนไหวในระยะทางสั้นๆ

4.3 ความเร็ว คือความสามารถในการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่นการวิ่ง 100 เมตร โดยนักวิ่ง 100 เมตรต้องการการมีเวลาปฏิกิริยาที่ดี มีความไวที่ดีและมีความเร็วที่ดีจึงจะทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือความเร็วเป็นผลจากเวลาปฏิกิริยาและความไว

5. ความสมดุล (Balance) คือความสามารถในการรักษาสมดุล เป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาได้ โดยบุคคลที่ได้มีโอกาสเล่นกีฬาจะมีการพัฒนาขึ้นของความสมดุล ความสมดุลเป็นความสามารถที่มีความเฉพาะกิจกรรมจึงสามารถพัฒนาได้เมื่อได้ฝึกซ้อมหรือปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งความสมดุลสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

5.1 ความสมดุลขณะเคลื่อนที่ (Dynamic balance) คือความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายในขณะปฏิบัติกิจกรรมที่มีการเคลื่อนที่โดยไม่เซหรือล้ม ที่เกิดจากการเสียสมดุล

5.2 ความสมดุลขณะอยู่กับที่ (Static balance) คือความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายในขณะอยู่กับที่โดยไม่เซหรือล้ม ที่เกิดจากการเสียสมดุล

6. ความอ่อนตัว (Flexibility) คือช่วงของการเคลื่อนไหว (Range of motion) ที่ข้อต่อสามารถเคลื่อนไหวไปได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะและชนิดของข้อต่อ ความยืดหยุ่นของเอ็นและกล้ามเนื้อ ตัวอย่างของที่ต้องการความยืดหยุ่นสูงได้แก่ยิมนาสติก ในกีฬาทั่วไปการบาดเจ็บสามารถเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนไหวข้อต่อเกินช่วงที่สามารถทำได้ซึ่งอาจเกิดการบาดเจ็บบนกล้ามเนื้อ เอ็นหรือข้อต่อ การป้องกันสามารถทำได้โดยเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ความอ่อนตัวทำให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนที่และปฏิบัติทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) คือความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแล้วเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือเคลื่อนไหวเปลี่ยนทิศทางทั้งร่างกายโดยไม่เสียสมดุลและกระทำอย่างรวดเร็ว(Sheppard and Young, 2006) ซึ่งความคล่องแคล่วว่องไวอาศัยปัจจัยต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ ความแข็งแรง, พลัง, พลังอดทน, ความเร็ว, ความไว, เวลาปฏิกิริยา, ความสมดุลและความอ่อนตัว ซึ่งหลายๆครั้งมีความสับสนระหว่างความคล่องแคล่วว่องไวกับคำว่าความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction ability) โดยความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางคือองค์ประกอบหนึ่งของความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งมีการให้คำจำกัดความความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางไว้ว่า เป็นความสามารถในการเบรกหรือชะลอแล้วทำการกลับตัวหรือเปลี่ยนทิศทางแล้วเร่งความเร็วอีกครั้งหนึ่งเพื่อไปยังตำแหน่งใหม่ที่กำหนดไว้แล้วล่วงหน้า จากคำจำกัดความทำให้ทราบว่าความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้มีการกำหนดตำแหน่งเป้าหมายไว้ล่วงหน้าแล้ว จึงไม่ต้องการปัจจัยด้านการตัดสินใจ อย่างไรก็ตามความคล่องแคล่วว่องไวและความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางนั้นมีความสำคัญอย่างมากในหลายชนิดกีฬา เช่น ฟุตบอล, บาสเกตบอล, รักบี้ เป็นต้น

สมรรถภาพกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภทหนักสลับเบา (Intermittent sport) ซึ่งประกอบไปด้วยช่วงหนักซึ่งหมายถึงช่วงที่ปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักสูง และช่วงเบาซึ่งหมายถึงช่วงที่ปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักต่ำ ในช่วงความหนักต่ำนักกีฬาจะทำกิจกรรมเช่น เดิน, วิ่งเหยาะ, หรือวิ่งช้าๆ ในช่วงความหนักสูง นักกีฬาจะปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักสูง เช่นการวิ่งด้วยความเร็วสูง, การหลบหลีกคู่ต่อสู้, การเข้าสกัด, การโหม่ง, การยิงประตู และการเลี้ยงเป็นต้น ซึ่งกิจกรรมที่ความหนักสูงเหล่านี้ต้องการการมีสมรรถภาพของกล้ามเนื้อสูงเพื่อปฏิบัติกิจกรรมเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย ประโยค สุทธิสง่า (2541) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายที่ใช้ในการเล่นฟุตบอลมีองค์ประกอบคือ ความ

แข็งแรงของกล้ามเนื้อ, มีภูมิต้านทานโรค (Disease resistance), มีพลัง, มีความอดทน (Endurance), มีความเร็วสูง, มีความว่องไว, มีการทรงตัว, มีความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อและประสาท (Co-ordination) มีความอ่อนตัว, มีความแม่นยำ (Accuracy)

ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534) ได้กล่าวถึงสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลว่า จะต้องผ่านการฝึกมาเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, พลังกล้ามเนื้อ, ความเร็ว, ความทนทาน, ความคล่องแคล่วว่องไว เพื่อให้พร้อมในการแข่งขัน

Stølen et al. (2005) ได้กล่าวว่านักฟุตบอลต้องการพลัง (Power), ความเร็ว (Speed) และความคล่องแคล่ว (Agility) เพื่อปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบแรงระเบิด (Explosive movement) เช่นการโหม่ง, การยิง, การวิ่งเต็มฝีเท้า (Sprinting) และการเลี้ยงลูก เป็นต้น

จึงสรุปได้ว่าสมรรถภาพกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอลมีดังนี้

1. ความแข็งแรง ในกีฬาฟุตบอล คือความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวให้เกิดแรงสูงสุดในหนึ่งครั้ง โดยความแข็งแรงนอกจากในกีฬาฟุตบอลแล้วนับได้ว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ โดยนักกีฬาที่จะมีสมรรถภาพร่างกายที่ดีจำเป็นต้องมีความแข็งแรงที่ดีเช่นกัน โดยมีสาเหตุมาจากความแข็งแรงนั้นเป็นพื้นฐานของสมรรถภาพกล้ามเนื้อด้านต่างๆ เช่น ด้านของพลังกล้ามเนื้อโดยความแข็งแรงนั้นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพลัง โดยพิจารณาจากสมการของพลัง คือ Power = Force x Velocity โดย Force ในที่นี้หมายถึงความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและ Velocity หมายถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีการแนะนำจาก Cronin, McNAIR, and Marshall (2000) ว่าความแข็งแรงสูงสุดมีบทบาทสำคัญต่อการปฏิบัติกิจกรรมแบบแรงระเบิด ในด้านความเร็วมีการศึกษาหลายงานที่พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการวิ่งหรือความเร็วในการวิ่ง (Wisløff et al., 2004; Peterson, Alvar, and Rhea, 2006; Chelly et al., 2009) ในด้านความคล่องแคล่วว่องไว Spiteri et al. (2014) ได้เน้นย้ำว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง โดยเขาได้พบว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกมีความสัมพันธ์อย่างมาก (r = -0.89) กับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางโดยการทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางแบบ 505 (505 change of direction test) ในด้านความอดทนพบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วยพัฒนาความอดทนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Hickson et al., 1988) ซึ่งมีความสำคัญกับกีฬาฟุตบอลเนื่องจากกีฬาฟุตบอลทำการแข่งขันถึง 90 นาที โดยมีการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 10-13 กิโลเมตรต่อหนึ่งเกมการแข่งขัน (Di Mascio and Bradley, 2013) จากที่ได้กล่าวนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อด้านต่างๆ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสำคัญต่อกีฬาฟุตบอลเป็นอย่างยิ่ง นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและโค้ช จึงไม่ควรละเลยการสร้างความแข็งแรงให้กับนักฟุตบอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. พลัง ในกีฬาฟุตบอล กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะหนักสลับเบา โดยช่วงหนักนักกีฬาจะปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักสูง เช่นการวิ่งด้วยความเร็วสูง, การหลบหลีกคู่ต่อสู้, การเข้าสกัด, การโหม่ง, การยิงประตู และการเลี้ยง เป็นต้น ซึ่งผลของการแข่งขันมักจะถูกกำหนดโดยช่วงที่มีความหนักสูงเหล่านี้ เช่นการบุกเพื่อทำประตู โดยในการบุกเพื่อทำประตูนี้ ฝ่ายที่ทำการบุกต้องมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วเพื่อหลบหลีกการเข้าสกัดหรือการป้องกันของคู่ต่อสู้จนนำไปสู่การยิงประตู และฝ่ายรับต้องมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วเช่นกัน เพื่อติดตามประกบหรือสกัดกั้นการโจมตีของคู่ต่อสู้ ดังนั้นช่วงเวลาเหล่านี้นักกีฬาที่มีความสามารถในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วจึงมีความได้เปรียบกว่านักกีฬาที่เคลื่อนไหวช้ากว่า ความเร็วในการเคลื่อนไหวนี้สามารถกล่าวได้ว่าเป็นผลจากพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสมการของพลัง คือ คือ P = Work / Time (Kawamori and Haff, 2004) คืองานส่วนด้วยเวลาดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้นจะพบว่า นักกีฬาที่มีพลังมากจะสามารถปฏิบัติงานได้มากกว่าในระยะเวลาที่สั้นกว่า เช่นการกระโดดได้ไกลกว่าหรือสูงกว่า, การวิ่งหรือเคลื่อนที่ได้ระยะทางที่มากกว่าในเวลาที่เท่ากัน, การยิงประตูที่แรงกว่า เป็นต้น เมื่อพิจารณาพลังในเชิงของกล้ามเนื้อสมการของพลังคือ คือ P = Force x Velocity (Kawamori and Haff, 2004) โดย Force หมายถึงแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อและ Velocity หมายถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงหมายถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ให้พลังมากจะต้องประกอบด้วยความแรงในการหดตัวและความเร็วในการหดตัว ดังนั้นในการฝึกนักกีฬาจะต้องมีการฝึกให้ถูกต้องกับประเภทของกีฬา เช่นการฝึกเพื่อพัฒนากำลังด้วยความหนักสูงจะทำให้แรงในการหดตัวเพิ่มมากขึ้นแต่อาจพัฒนาความเร็วเพียงเล็กน้อย ในทางกลับกันหากฝึกที่ความหนักต่ำแต่ความเร็วสูงจะทำให้ความเร็วในการหดตัวเพิ่มขึ้นแต่แรงในการหดตัวอาจพัฒนาเพียงเล็กน้อย (Whyte, 2006) สำหรับกีฬาฟุตบอลการเคลื่อนไหวในการแข่งขันจะเป็นการรับน้ำหนักของตนเองเพียงเท่านั้น ดังนั้นรูปแบบการฝึกที่นิยมใช้ในกีฬาฟุตบอลคือการฝึกแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric) โดยอาจมีการฝึกร่วมกับการใช้เวทเทรนนิ่ง (Weight training) ในลักษณะของการฝึกเชิงซ้อน (Complex training) หรือฝึกร่วมกัน (Compound training) ซึ่งจะทำให้นักกีฬามีพลังของกล้ามเนื้อที่ดีขึ้น

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการใช้สมรรถภาพแบบหนักสลับเบา โดยทำการแข่งขัน 90 นาที มีการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 10-13 กิโลเมตรต่อหนึ่งเกมการแข่งขัน (Di Mascio and Bradley, 2013) ระยะทางที่นักกีฬาเคลื่อนที่ได้ในครึ่งหลังลดลง 5-10% (Bangsbo, Nørregaard, and Thorsoe, 1991) ซึ่งเป็นผลมาจากความอ่อนล้า มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงทุกๆ 90 วินาที แต่ละครั้งนาน 2-4 วินาที, ระยะทางที่วิ่งด้วยความเร็วสูงคิดเป็นทั้งหมด 1-11% ของระยะทางทั้งหมดที่เคลื่อนที่ในหนึ่งเกม, มีการปฏิบัติกิจกรรมสั้นๆ 1000-1400 กิจกรรม โดยเปลี่ยนทุก 2-4 วินาที (Bangsbo et al., 1991) ด้วยบริบทของกีฬาฟุตบอลจากการศึกษาเชิงสังเกตนี้เป็นสิ่งที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของความอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งความ

ต้องการความอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลมีความแตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลเช่นนักวิ่งมาราธอน โดยลักษณะความอดทนของกล้ามเนื้อในนักวิ่งมาราธอนเป็นความอดทนที่เกิดจากเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) เป็นชนิดหดตัวช้าหรือ Type1 (Whyte, 2006) แต่ในนักฟุตบอลต้องมีการปฏิบัติกิจกรรมแบบแรงระเบิดและต้องการความรวดเร็วการมีสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากจึงไม่ใช่สิ่งที่เหมาะสม ดังนั้นการฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลจึงควรเกิดจากการฝึกที่ความหนักสูงหรือการฝึกที่รวดเร็วเพื่อให้การพัฒนากล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วหรือ Type2b (Whyte, 2006) เพื่อสร้างความแข็งแรงและความเร็วให้กับนักกีฬา โดยมีการศึกษาพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมความอดทนของกล้ามเนื้อ (Hickson et al., 1988) ซึ่งนักกีฬาฟุตบอลที่มีความอดทนของกล้ามเนื้อที่ดีจะทำให้ปฏิบัติกิจกรรมกิจกรรมต่างๆในเกมการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาของการแข่งขัน

4. ความเร็ว จากที่ได้กล่าวว่ากีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภทหนักสลับเบา ในช่วงหนักหรือความหนักของกิจกรรมสูงนั้นประกอบด้วยกิจกรรมที่รวดเร็วและใช้แรงระเบิด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่เช่นการวิ่งด้วยความเร็วสูง และความคล่องแคล่วว่องไว โดยในเกมการแข่งขัน มีการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 10-13 กิโลเมตร (Di Mascio and Bradley, 2013) มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงทุกๆ 90 วินาที แต่ละครั้งนาน 2-4 วินาที, แต่ละครั้งในการวิ่งด้วยความเร็วสูงมีระยะทางเฉลี่ย 17 เมตรต่อครั้งระยะทางที่วิ่งด้วยความเร็วสูงคิดเป็นทั้งหมด 1-11% ของระยะทางทั้งหมดที่เคลื่อนที่ในหนึ่งเกม แม้ว่าระยะทางในการวิ่งด้วยความเร็วสูงจะมีเปอร์เซ็นต์ที่น้อยแต่ คอมฟอร์ทและคณะ (Comfort et al., 2014) ได้กล่าวว่า ผลของการแข่งขันมีแนวโน้มที่มาจากช่วงเวลาที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงภายในเกมการแข่งขัน ซึ่งจากข้อมูลแสดงให้เห็นความสำคัญของความสามารถในการเร่งความเร็วการวิ่ง (Acceleration ability) และความเร็วสูงสุดในการวิ่ง (Maximum speed) ซึ่งสามารถทดสอบนักกีฬาได้โดยใช้วิธีการวัดความเร็วในการวิ่งตั้งแต่เริ่มต้น โดย ลิตเติ้ลและวิลเลียม (Little and Williams, 2005) ได้กำหนดระยะ 10 เมตร จากจุดออกตัวว่าเป็นการวัดความสามารถในการเร่งความเร็ว และกำหนดระยะที่ 20 เมตรจากจุดออกตัวว่าเป็นการวัดความเร็วสูงสุดของนักกีฬา โดยจากการศึกษาของเขาพบว่า ความสามารถในการเร่งความเร็วและความเร็วสูงสุดในการวิ่ง เป็นทักษะที่มีความเฉพาะและไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการฝึกและการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวต้องใช้วิธีที่มีความเฉพาะเจาะจงกับสิ่งที่ต้องการจะฝึกหรือทดสอบ

5. ความสมดุล โดยบริบทของกีฬาฟุตบอลสามารถกล่าวได้ว่าผู้เล่นทุกตำแหน่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงการปะทะได้ ซึ่งการปะทะนั้นเป็นธรรมชาติของกีฬาประเภททีมในหลายๆชนิดกีฬา เช่นบาสเก็ตบอล, ฟุตซอล, แฮนด์บอล, เป็นต้น โดยในกีฬาฟุตบอล Stølen et al. (2005) ได้กล่าวว่า ในหนึ่งเกมการแข่งขันโดยเฉลี่ยจะมีการปะทะ 15 ครั้ง, มีการโหม่งลูก 10 ครั้ง โดยในการปะทะแต่ละครั้งนักกีฬาจะได้รับแรงกระทำจากผู้เล่นคนอื่น ซึ่งอาจส่งผลให้นักกีฬาไม่สามารถรักษาสมดุลร่างกายได้ จนอาจ

นำไปสู่การเสียการครอบครองลูก การล้ม ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อเกมการแข่งขัน หรือมีความเสี่ยงในการบาดเจ็บเพิ่มขึ้น ซึ่งความเสี่ยงนี้จะมากขึ้น ในกรณีที่นักกีฬากระโดดโหม่งลูกฟุตบอล หรือมีการปะทะกันกลางอากาศแล้วลงสู่พื้น การรักษาสมดุลที่ไม่ดีอาจทำให้นักกีฬามีโอกาสได้รับการบาดเจ็บมากขึ้น นอกจากนี้ในการวิ่งหรือเลี้ยงลูกฟุตบอล มักจะมีการเปลี่ยนทิศทางเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ (Rienzi et al., 2000) ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางย่อมมีการเปลี่ยนโมเมตัมของร่างกาย ซึ่งการเปลี่ยนโมเมนตัมแต่ละครั้ง นักกีฬาต้องมีการรักษาสมดุลของร่างกายที่ดี หากไม่สามารถรักษาสมดุลของร่างกายไว้ได้จะทำให้นักกีฬาเซ หรือล้มลง ซึ่งการมีความสามารถในการรักษาโมเมนตัมที่ดีคือการมีความสามารถในการรักษาสมดุลที่ดี จะทำให้นักกีฬามีความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางที่ดี ซึ่งความสมดุลเกิดจากการทำงานประสานกัน (Coordination) ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดย Sharkey and Gaskill (2006) ได้กล่าวว่าความสมดุลนั้นเป็นความสามารถที่มีความเฉพาะกับกิจกรรม โดยนักกีฬาสามารถพัฒนาความสมดุลในกิจกรรมนั้นได้โดยการฝึกปฏิบัติกิจกรรมนั้นอยู่เสมอ

6. ความอ่อนตัว คือช่วงของการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อสามารถเคลื่อนไหวไปได้ ซึ่งเป็นความยืดหยุ่นของเอ็นและกล้ามเนื้อ โดยในกีฬาฟุตบอลมีการเคลื่อนไหวหลายรูปแบบและมีช่วงการเคลื่อนไหวมากในบางการเคลื่อนไหว เช่น การเตะลูกฟุตบอล, การเหยียดขาเพื่อเข้าสกัดคู่ต่อสู้ เป็นต้น ดังนั้นการมีความอ่อนตัวที่ดีจะส่งผลให้นักกีฬามีสมรรถนะที่ดีและลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้ โดยอาการบาดเจ็บที่เกิดจากความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อน้อยที่มักเกิดขึ้นบ่อยในกีฬาฟุตบอล คือการบาดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหรือกล้ามเนื้องอเข่า (Croisier et al., 2008) นอกจากนี้อาการบาดเจ็บที่พบได้บ่อยในกีฬาฟุตบอลที่มีสาเหตุมาจากการขาดความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อคือการปวดกล้ามเนื้อบริเวณขาหนีบภายหลังจากการแข่งขัน (Gilmore, 1998) ดังนั้นนักกีฬาฟุตบอลจึงควรยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งก่อนและหลังการแข่งขัน หรือการฝึกซ้อม เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นและมีความอ่อนตัวที่ดี การมีความอ่อนตัวที่ดีหมายถึงการมีช่วงของการเคลื่อนไหวที่ดี และการมีช่วงของการเคลื่อนไหวที่ดีทำให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวครอบคลุมระยะที่ต้องการเคลื่อนไหวได้ง่ายขึ้น เช่น การวิ่ง หรือการเตะลูกฟุตบอลนั้น นักกีฬาต้องมีความยืดหยุ่นของข้อสะโพกที่ดีเพื่อให้เกิดเคลื่อนไหวที่ดี

7. ความคล่องแคล่วว่องไว เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในกีฬาฟุตบอลเนื่องจากกีฬาฟุตบอลต้องมีการพยายามช่วงชิงการครอบครองบอลเพื่อสร้างโอกาสในการทำประตูให้กับทีม หรือพยายามป้องกันไม่ให้คู่ต่อสู้ได้มีโอกาสได้ครอบครองบอลเพื่อไม่ให้ฝ่ายของตนเสียประตู ดังนั้นตลอดเกมการแข่งขันจะมีการหลบหลีกคู่ต่อสู้, มีการขยับหาตำแหน่งเพื่อสร้างโอกาสในการได้รับลูกจากเพื่อนร่วมทีม และมีการพยายามป้องกันหรือพยายามครอบครองบอลจากคู่ต่อสู้อยู่ตลอดระยะเวลาการแข่งขัน จึงเป็นสาเหตุให้ต้องมีการใช้ความคล่องแคล่วว่องไวเพื่อปฏิบัติภารกิจทั้งการรุกและรับเหล่านี้ ซึ่ง

Bloomfield, Polman, and O'Donoghue (2007) กล่าวว่าในหนึ่งเกมการแข่งขันผู้เล่นมีการเปลี่ยนทิศทางโดยเฉลี่ย 700-1400 ครั้ง นอกจากนี้ Rienzi et al. (2000) ได้กล่าวว่าในกีฬาฟุตบอลมักมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและมักมีการเปลี่ยนทิศทางเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ จากการศึกษาเหล่านี้เน้นย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งมิใช่เพียงแต่กีฬาฟุตบอลเท่านั้น Reilly et al. (2000) ยังได้กล่าวว่าความคล่องแคล่วว่องไวเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จในกีฬาทีม จากการศึกษาและคำกล่าวจากผู้เขียนเหล่านี้ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญอย่างมากของความคล่องแคล่วว่องไว โดยความคล่องแคล่วว่องไวนั้น Reilly et al. (2000) ได้กล่าวว่ามีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ เวลาปฏิกิริยาและความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางจากการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และจากการศึกษาโปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกพบว่าสามารถพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้ ดังนั้นการฝึกนักฟุตบอล นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและโค้ชจึงไม่ควรละเลยการฝึกแบบเอกเซนตริกเพราะจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว และสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้ (de Hoyo et al., 2015)

ทฤษฎีการฝึกและวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

หลักการฝึก (Principles of training)

Whyte (2006) กล่าวว่า ร่างกายของมนุษย์ได้ถูกสร้างมาเพื่อรักษาสภาวะต่างๆให้สมดุลในสภาวะทางสรีรวิทยา หรือที่เรียกว่า ภาวะธำรงดุล (Homeostasis) เมื่อความสมดุลถูกรบกวนร่างกายจะตอบสนองอย่างฉับพลันเพื่อรักษาภาวะธำรงดุลไว้ หากว่าการรบกวนนี้ยังคงดำเนินต่อไปจะเกิดการปรับตัวของร่างกายขึ้น ในการฝึกทั้งหลายนั้นมุ่งเพื่อรบกวนภาวะธำรงดุลนี้ในช่วงเวลาหนึ่ง โดยทฤษฎีการฝึกและวิธีการฝึกมุ่งเพื่อทำความเข้าใจของสาเหตุที่จะสามารถส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่มากที่สุดจากการฝึก เรื่องราวของทฤษฎีการฝึก มาจากงานของฮานส์ (Hans Seyle) ในปี ค.ศ.1956 ซึ่งเป็นคนแรกที่กล่าวถึง อาการปรับตัวทั่วไป (General adaptation syndrome) เขาได้กล่าวถึงการตอบสนองต่อภาวะเครียดของร่างกายมี 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นแรก หรือขั้นช็อค (Shock stage) คือการที่ร่างกายพยายามเอาชนะภาวะเครียดที่เกิดขึ้นเพื่อรักษาความสมดุลของร่างกาย ตราบใดที่สภาวะเครียดยังคงมีอยู่สมรรถนะทางร่างกายและจิตใจจะต่ำกว่าในสภาวะปกติ ในด้านการฝึกขั้นตอนนี้คือผลจากการฝึกที่มีต่อร่างกาย โดยนักกีฬาจะรู้สึกเหนื่อย รู้สึกล้า ซึ่งเป็นผลมาจากการช็อคที่เกิดจากสิ่งกระตุ้น

ขั้นที่สอง คือขั้นต้านทาน (Resistance stage) จะเกิดทันทีเมื่อสิ่งกระตุ้นได้หายไป ในขั้นนี้ร่างกายของมนุษย์จะพยายามฟื้นตัวจากความไม่สมดุลของอุณหภูมิ และปรับตัวให้มีระดับสมรรถนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่สูงขึ้นเพื่อชดเชยกับความต้องการใช้ที่มากขึ้น สองขั้นดังกล่าวนี้เป็นการปรับตัวทางระบบประสาทต่อสิ่งกระตุ้นและทำให้ร่างกายมีสมรรถนะที่ดีขึ้น

ขั้นที่สาม คือขั้นอ่อนเพลีย (Exhaustion) หรือ ขั้นล้า (Fatigue) จะเกิดขึ้นเมื่อการกระตุ้นนั้นมากและยาวนานจนร่างกายไม่มีเวลาเพียงพอที่จะสามารถชดเชยหรือปรับตัวได้

การมีสมรรถนะที่ดีเป็นผลจากการมีความต้องการและฝึกด้วยการฝึกที่มีโครงสร้างหรือรูปแบบการฝึกที่ดี เพื่อให้นักกีฬาได้รับประโยชน์สูงสุดจากการฝึก โดยปัจจัยที่มีผลต่อกลไกการปรับตัวที่ควรพิจารณา คือปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ หลักการฝึกมากกว่าปกติ (Overload), หลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity), หลักความแตกต่างของบุคคล (Individual differences) และหลักการย้อนกลับ (Reversibility)

หลักการฝึกมากกว่าปกติ (Overload), หมายถึง ความหนักและระยะเวลาที่จะใช้กระตุ้นในการฝึก โดยการฝึกจะต้องมีความหนักและระยะเวลาที่เหมาะสมจึงจะทำให้เกิดกลไกการปรับตัว ต่อโครงสร้างร่างกาย, สรีระวิทยา และจิตใจ หากการฝึกนั้นไม่เพียงพอที่จะสร้างความเครียดให้กับร่างกายอย่างเพียงพอ การปรับตัวจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ แต่ในทางกลับกันการให้ความเครียดที่มากเกินอาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเกิดสภาวะการฝึกเกิน (Over-training) ด้วยเหตุนี้การเพิ่มความเครียดจึงควรมีการลดความเครียดตามมา ซึ่งให้โอกาสร่างกายได้ผ่อนคลายและปรับตัวเพื่อเตรียมพร้อมกับการฝึกในครั้งถัดไป

หลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity), เกิดขึ้นจากการที่กีฬาแต่ละชนิดนั้นมีการฝึกที่เหมาะสมกับบริบทของกีฬานั้นๆเอง จึงไม่ใช่การฝึกทุกชนิดที่จะเหมาะสมกับกีฬาทุกชนิด ในการฝึกจึงควรมีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มกล้ามเนื้อหรืออวัยวะที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมกีฬาชนิดนั้นๆ เช่น การไม่ได้ฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงกับนักกีฬาที่ต้องการการออกแรงจากกล้ามเนื้อสูง หรือการเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นไปได้ต่อเมื่อฝึกที่ความหนักต่ำและกล้ามเนื้อต้องทำงานด้วยความเร็วสูงเท่านั้น กล่าวคือในการฝึกต่างๆควรมีความสอดคล้องกับการปฏิบัติจริงในการแข่งขัน

หลักความแตกต่างของบุคคล (Individual differences) หมายถึงบุคคลนั้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการวางแผนการฝึกควรมีการวางแผนอย่างดีเพื่อให้ตรงต่อความจำเป็นของนักกีฬา ความหลากหลายของบุคคลทำให้มีการตอบสนองหรือปรับตัว ต่อรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกัน อัตราส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (เส้นใยแบบหดตัวเร็ว, เส้นใยแบบหดตัวช้า) และระบบต่อมไร้ท่อนั้นเป็นปัจจัยต่อการปรับตัวของบุคคล รวมถึงระดับของนักกีฬา (เช่น ระดับสมัครเล่น, ระดับอาชีพ, ระดับแนวหน้า) โดยระยะเวลาในการฝึกต่อระดับของนักกีฬาอาจเพิ่มขึ้นจาก 8 ชั่วโมงจนถึง 30 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

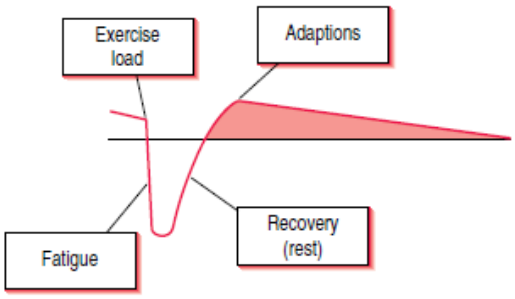
หลักการย้อนกลับ (Reversibility) คือ เมื่อนักกีฬาไม่ได้รับการฝึกหรือได้รับการฝึกไม่เพียงพอจะเกิดการลดลงของสมรรถนะอย่างมีนัยสำคัญ โดยกฎทั่วไป ระยะการฝึกที่มากขึ้นจะให้เกิดการย้อนกลับที่ช้าลง

การปรับตัวจากการฝึก (Adaptations to training)

Whyte (2006) กล่าวว่า การปรับตัวจากการฝึกสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบฉับพลันและระยะยาว ซึ่งผลฉับพลันเกิดการตอบสนองเพื่อควบคุมสภาวะธำรงดุลของร่างกายขณะที่การเปลี่ยนแปลงระยะยาวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆในร่างกายภายหลังจากการฝึกเป็นระยะเวลานานซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ส่วนใหญ่เป็นผลจากการปรับตัวของร่างกายเช่นการปรับตัวของสังเคราะห์โปรตีน ทำให้มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ในนักกีฬาประเภทอดทน (Endurance) มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นของไมโอโกลบิน (Myoglobin), กิจกรรมทางเอนไซม์ของไมโตคอนเดรีย (Mitochondrial enzyme activity), ความหนาแน่นของไมโตคอนเดรีย, การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของระบบหายใจ, การขนส่งออกซิเจน ตลอดจนปริมาณเลือดในการสูบฉีดต่อนาทีของหัวใจ (Cardiac output) นอกจากนี้การฝึกความแข็งแรงและพลัง จะทำให้ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Muscle cross-sectional areas) อย่างไรก็ตามในการปรับตัวของร่างกายจากการฝึกมักมีการปรับตัวของส่วนอื่นร่วมด้วยเช่น กล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial), การทำงานของตับ, ระบบต่อมไร้ท่อ และการเติบโตของกระดูก โดยการเติบโตของมวลกระดูกนั้นมีผลมาจากการออกกำลังกาย มีการศึกษาพบว่าเด็กที่ได้รับการฝึกที่ความหนักต่ำจะกระตุ้นให้กระดูกเติบโต และความหนักสูงจะขัดขวางการเติบโตของกระดูก

วงจรการชดเชยเกิน (Super-compensation cycle)

วงจรการชดเชยเกินคือวงจรที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับหลักอาการปรับตัวทั่วไป ไปสู่ทฤษฎีและวิธีการของการฝึกที่เกี่ยวข้องกับการให้การฝึกและการฟื้นตัว (Recovery) โดยเป็นพื้นฐานในการให้การกระตุ้นร่างกาย (Bompa and Buzzichelli, 2015) วงจรชดเชยเกิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือการฝึก, การล้าการฟื้นตัวและการปรับตัว (ภาพที่ 6)



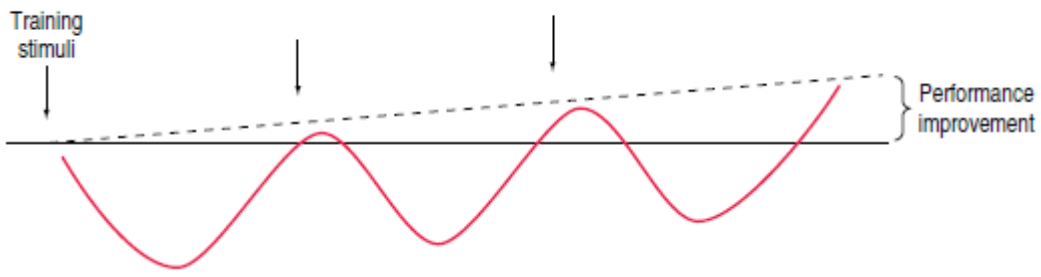
ภาพที่ 6 วงจรการชดเชยเกิน

ที่มา: The physiology of training, Whyte (2006)

เมื่อนักกีฬาฝึก ร่างกายจะต้องสนับสนุนการทำงานของกล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ ด้วยพลังงานที่มากกว่าปกติ หรือมากกว่าในสภาวะพัก ความต้องการพลังงานที่มากกว่าปกตินี้ส่งผลให้ร่างกายมีเปลี่ยนสารให้พลังงานที่สะสมไว้ไปสู่พลังงานเพื่อใช้สนับสนุนกิจกรรมการออกกำลังกายหรือการฝึก การใช้พลังงานที่เก็บไว้ตลอดจนการสะสมของของเสีย (By-products) ที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) เช่น กรดแลคติก (Lactic acid) ในกระแสโลหิตหรือเซลล์ส่งผลให้เกิดความล้า สิ่งเหล่านี้คือช่วงแรกของวงจรชดเชยเกิน

ภายหลังจากการฝึก ภาวะธำรงดุลจะกลับสู่สภาวะปกติ สารให้พลังงานที่ถูกใช้ไปจะถูกชดเชยกลับและของเสียที่เกิดจากการออกกำลังกายจะถูกกำจัด ขณะที่ความเสียหายระดับโมเลกุลได้ถูกซ่อมแซมเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะมากขึ้นในอนาคต การทำงานเหล่านี้จะเกิดขึ้นในช่วงที่ 2 ของวงจรการชดเชยเกิน อย่างไรก็ตามในช่วงที่ 3 ของวงจรการชดเชยเกินคือช่วงที่มีความสำคัญที่สุดโดยร่างกายจะมีภาวะธำรงดุลที่สูงขึ้น โดยมีการสะสมพลังงานเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในรูปของไกลโคเจน โปรตีนที่ใช้ในการหดตัวจะถูกสังเคราะห์เพิ่มขึ้นเพื่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวสำหรับการฝึกครั้งถัดไป มีการขนส่งออกซิเจนไปยังไมโตคอนเดรียเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากการพัฒนาเครือข่ายของหลอดเลือดฝอย

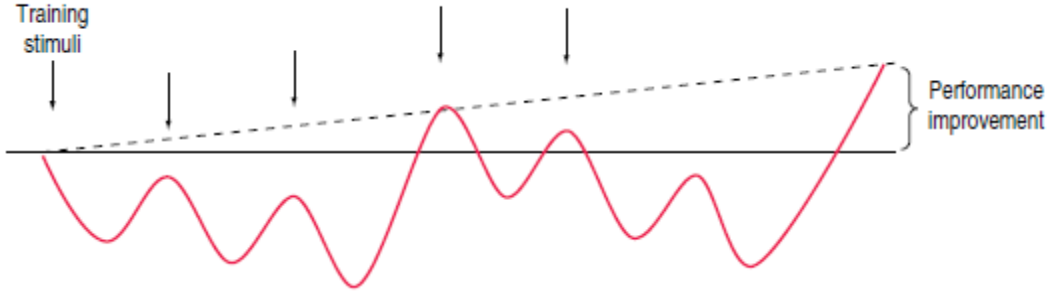
กระบวนการปรับตัวนี้จะสำเร็จได้เมื่อมีเวลาในการฟื้นตัวที่เพียงพอ อย่างไรก็ตามระยะเวลาของการฟื้นตัวขึ้นอยู่กับปริมาณและความหนักของการฝึกที่นักกีฬาได้รับ นอกจากนี้ปริมาณของสารอาหารที่นักกีฬาจะได้รับยังส่งอิทธิพลต่อระยะเวลาของการฟื้นตัว ทั้งนี้การฟื้นตัวที่ไม่เพียงพอหรือเหมาะสมจะส่งผลเสียต่อการปรับตัวของนักกีฬารวมถึงระดับสมรรถภาพหรือสุขภาพของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความไม่สมดุลระหว่างการฝึกและการฟื้นตัวอาจทำให้ลดทอนสมรรถนะของนักกีฬา สิ่งนี้หมายถึงการฝึกเกิน (Overtraining) นอกจากนี้หากการฝึกแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกันเกินไปวงจรการชดเชยเกินจะเริ่มถดถอยลงจนกลับไปสู่สภาวะดั้งเดิม ดังนั้น การฝึกหรือการออกกำลังกายควรมีการใช้เมื่อนักกีฬาถึงจุดสูงสุดของวงจรชดเชยเกินซึ่งจะทำให้เกิดวงจรชดเชยเกินรอบใหม่ที่จะทำให้นักกีฬามีระดับสมรรถนะที่สูงขึ้น (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 วงจรการชดเชยเกินแบบต่อเนื่อง

ที่มา: The physiology of training, Whyte (2006)

ความเป็นจริงนักกีฬาส่วนใหญ่ไม่มีเวลาพักผ่อนที่เพียงพอในระหว่างครั้งของการฝึก ผู้ฝึกสอนจึงควรหาหนทางสลับช่วงความหนักสูง-ต่ำของการฝึก ซึ่งทำให้เกิดความเครียดของการใช้แหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน รูปแบบการฝึกประเภทนี้อาจส่งผลให้เกิดการลดลงของสภาวะธำรงดุลในช่วงระยะเวลาหนึ่งแต่ในท้ายที่สุดหากวางแผนการฝึกไว้อย่างเหมาะสมนักกีฬาจะสามารถมีสมรรถนะเพิ่มมากขึ้นจากวงจรการชดเชยเกิน (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 วงจรการชดเชยเกินที่ประสบความสำเร็จจากการวางแผนการฝึก

ที่มา: The physiology of training, Whyte (2006)

การฟื้นตัว

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ที่เกิดจากการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลานานทั้งเกี่ยวข้องกับการปรับตัวในระยะยาว ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงที่การฟื้นตัวภายหลังจากการฝึก การฟื้นตัวหรือการฟื้นคืนสภาพ หมายถึง กระบวนการที่เกิดขึ้นภายหลังจากร่างกายสามารถรักษาภาวะธำรงดุลได้แล้ว และปรับหน้าที่การทำงานของระบบที่ได้ถูกใช้ในการฝึกให้มีสมรรถนะสูงขึ้น ซึ่งรวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของการสังเคราะห์โปรตีนที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ, การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ (enzyme) ของกระบวนการไกลโคไลซิส และเอนไซม์ของกระบวนการวัฏจักรเครบส์ไซเคิล (Krebs' cycle) และการกลับสู่สภาวะปกติของการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ, ระบบประสาท และระบบภูมิคุ้มกัน ในการวางแผนการฝึกที่เหมาะสมการพักฟื้นตัวจึงหมายถึงการฝึกเช่นกัน

เวลาที่ใช้ในการพักฟื้นตัวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับนักกีฬา เช่นสภาพร่างกายและประสบการณ์ในการเล่นสิ่งเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญต่ออัตราการฟื้นตัว โดยนักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาอย่างดีจะสามารถฟื้นตัวได้เร็วกว่านักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาน้อยกว่า หรือผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก โดยปกติ

แล้วการชดเชยเกินในนักกีฬาระดับเยาวชนที่อายุต่ำกว่า 18 ปีต้องการระยะเวลาที่มากกว่าเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย ในขณะที่นักกีฬาที่อายุมากกว่า 25 ปีต้องการเวลามากกว่าเพื่อฟื้นตัว

ฮอร์โมน เช่นเทสโทสเตอโรน (Testosterone) จะเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นตัวแต่ฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) จะยับยั้งประสิทธิภาพในการฟื้นตัว โดยผู้ชายที่มีระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนที่สูงจะสามารถฟื้นตัวได้รวดเร็วกว่าผู้หญิง ในขณะที่การมีความเข้มข้นของฮอร์โมนคอร์ติซอลที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อรวมถึงการซ่อมแซมกล้ามเนื้อตลอดจนลดประสิทธิภาพการทำงานประสานกันของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular co-ordination)

การศึกษาถึงระยะเวลาของการฟื้นตัวแสดงให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตจะกลับคืนสู่สภาวะปกติภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากการฝึกหรือออกกำลังกาย, ภายหลังจากการฝึกแบบแอโรบิคอย่างหนักจะใช้เวลาโดยประมาณ 10 ถึง 48 ชั่วโมงในการเติมเต็มไกลโคเจนที่ได้ใช้ไปในขณะฝึกหรือออกกำลังกาย และภายหลังจากการฝึกแบบแอนแอโรบิกจะใช้เวลาโดยประมาณ 5 ถึง 24 ชั่วโมงในการเติมเต็มไกลโคเจนที่ได้ใช้ไป ภายหลังจากการฝึกด้วยแรงต้านจะใช้เวลา 24 ถึง 36 ชั่วโมงเพื่อให้กล้ามเนื้อกลับคืนสู่สภาวะปกติ เพื่อการฟื้นตัวของระบบประสาทนั่นขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวกระตุ้น โดยอาจใช้เวลาถึง 48 ชั่วโมงในการฟื้นตัว

ความล้าจากการฝึกและโอเวอร์รีชชิ่ง (Training fatigue and over-reaching)

การปรับตัวจากการฝึกนั้นเมื่อมีการกระตุ้นอย่างเหมาะสมจะส่งผลรบกวนภาวะธำรงดุลของร่างกาย ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สมดุล โดยความไม่สมดุลนี้จะอยู่เพียงชั่วขณะขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาในการฝึกรวมถึงปัจจัยอื่นๆที่ดังได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ทั้งนี้หากปริมาณการฝึกมากเกินกว่าระดับที่นักกีฬาจะสามารถรับได้ จะทำให้เกิดการรบกวนต่อสภาวะธำรงดุลมาก อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความไม่สมดุลส่งผลให้เกิดอาการล้าแบบฉับพลันซึ่งอาการจะคงอยู่เป็นระยะเวลา 1-2 วัน อาการล้าแบบฉับพลันนี้จะเกิดขึ้นร่วมกับอาการปวดของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากความเสียหายในระดับเซลล์ของกล้ามเนื้อ และอาจทำให้มีอาการนอนไม่หลับเกิดขึ้น จากนั้นหากมีการฝึกซ้อมอีกครั้งโดยที่ไม่มีช่วงเวลาฟื้นตัวที่เหมาะสม จะก่อให้เกิดสภาวะการกระตุ้นเกิน โดยจะเกิดขึ้นร่วมกับการฉีกขาดขนาดเล็กของกล้ามเนื้อ โดยจะมีอาการที่คล้ายคลึงกับการล้าแบบฉับพลันแต่อาการจะคงอยู่นานกว่า 2 วัน

เมื่อมีการฝึกซ้อมหนักเพิ่มขึ้นอีกโดยปราศจากการฟื้นตัวที่เพียงพอจะทำให้เกิดการล้าสะสมแนะนำไปสู่สภาวะที่เรียกว่า โอเวอร์รีชชิ่ง (Over-reaching) โดยสภาวะเหล่านี้จะเกิดขึ้นแบบสะสมอย่างช้าๆ อาจใช้เวลาหลายสัปดาห์ โดยมีลักษณะอาการ คล้ายคลึงกับอาการล้าแบบฉับพลันแต่จะมีความรุนแรงมากกว่า นอกจากนี้นักกีฬาที่อยู่ในสภาวะโอเวอร์รีชชิ่ง อาจสังเกตพบการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และการเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติของความเข้มข้นของกรดแลคติกขณะที่ออกกำลังกายในระดับต่ำกว่าระดับสูงสุด (Sub-maximal exercise), รู้สึกล้าตั้งแต่เริ่มต้นการฝึกซ้อม

, ไม่สามารถรับปริมาณการฝึกหรือความหนักของการฝึกได้เหมือนปกติ หรือรู้สึกกระหายน้ำมากกว่าปกติ สภาวะโอเวอร์รีชชิ่งโดยปกติมักจะหายภายในไม่กี่วัน หรืออาจถึง 2 อาทิตย์

ดังนั้นในการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถนะให้กับนักกีฬาจึงจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบแผนการฝึกมาอย่างดีเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเครียดสะสมต่อร่างกายหรือจิตใจของนักกีฬา หากผู้ฝึกสอนได้วางแผนการฝึกมาเป็นอย่างดี ทั้งรูปแบบการฝึกและระยะเวลาในการพักของนักกีฬาที่มีความเหมาะสมจะส่งผลให้นักกีฬามีระดับสมรรถภาพที่สูงขึ้น แต่ในทางกลับกันหากมีการวางแผนการฝึกที่ไม่เหมาะสม เช่น ปริมาณหรือความหนักของการฝึกที่สูงเกินกว่าที่นักกีฬาจะสามารถรับได้ และ/หรือเวลาในการพักที่น้อยเกินไป อาจส่งผลให้นักกีฬาเกิดอาการสมรรถนะถดถอยโดยไม่สามารถอธิบายได้หรือสภาวะฝึกเกิน (Overtraining)

อาการของสภาวะฝึกเกิน (Overtraining symptoms)

เมื่อนักกีฬารู้สึกอ่อนล้าอย่างต่อเนื่องและรู้สึกมีสมรรถนะที่ลดลงพร้อมกับอาการดังต่อไปนี้ อาจพิจารณาได้ว่านักกีฬาเกิดสภาวะเกิน ทั้งนี้นักกีฬาแต่ละบุคคลอาจมีอาการฝึกเกินที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจพบว่ามีอาการสอดคล้องกับทุกข้อดังต่อไปนี้หรืออาจพบว่าสอดคล้องเพียงบางข้อ ได้แก่

- เหงื่อออกเยอะ
- ไม่สามารถฟื้นตัวได้อย่างเหมาะสมภายหลังจากการฝึก
- รู้สึกไร้แรงปรารถนาและขาดความกระตือรือร้นต่อการฝึกซ้อม
- ความสามารถในการปฏิบัติทักษะทางกีฬาลดลง
- ไม่ค่อยมีสมาธิ
- น้ำหนักลด
- หลับไม่สบายร่วมกับฝันร้าย หรือฝันเบิกบานสดใส
- บาดเจ็บง่ายขึ้น

สภาวะฝึกเกินอาจแบ่งได้ 2 ชนิดคือแบบฉับพลันและแบบเรื้อรังโดยแบบฉับพลัน อาจคงอยู่นานถึง 1 เดือน และแบบเรื้อรังอาจคงอยู่นานหลายสัปดาห์หรือหลายเดือน

สภาวะฝึกเกินแบบฉับพลัน

สภาวะการฝึกเกินแบบฉับพลันเป็นผลจากความไม่สมดุลระหว่างรูปแบบการฝึกและเวลาพัก โดยอาการจะคงอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่งและจะหายไปเมื่อสาเหตุของปัญหาได้ถูกกำจัด อาการที่พบได้บ่อยคือการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่แสดงถึงว่า ปริมาณการฝึกนั้นมากเกินกว่าความสามารถของกล้ามเนื้อ โดยสภาวะการฝึกเกินแบบฉับพลันมักมีอาการดังนี้

- อัตราการเต้นหัวใจขณะพักเพิ่มขึ้น 5 ถึง 10 ครั้งต่อนาที
- ความดันโลหิตขณะพักเพิ่มขึ้น

- ความเข้มข้นของกรดแลคติกขณะพักเพิ่มขึ้น
- ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักระดับกรดแลคติกสูงสุดลดลง
- ภายหลังจากการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักเท่ากัน อัตราการเต้นของหัวใจลดลงสู่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ช้ากว่าปกติ 2 ถึง 3 เท่า
- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงระหว่างออกกำลังกายที่ความหนักสูงสุด
- มีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ

สภาวะฝึกเกินแบบเรื้อรัง

สภาวะการฝึกเกินแบบเรื้อรังหรือแบบระยะยาว เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างรูปแบบการออกกำลังกายหรือการฝึก และระยะเวลาในการพักตลอดช่วงหลายสัปดาห์หรือรายเดือน โดยมีอาการดังนี้

- ประจำเดือนมาไม่ปกติ หรืออาจเกิดสภาวะขาดประจำเดือน
- มีการติดเชื้อได้ง่าย โดยเฉพาะที่ผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจส่วนบนแพ้ง่าย และแผลหายช้า

การจัดการกับสภาวะการฝึกเกิน

ข้อมูลจากการวิจัยบ่งชี้ว่าการพักหรือการลดกิจกรรมทางกายนั้นมีประโยชน์ต่อการกำจัดสภาวะฝึกเกินในนักกีฬาระดับแนวหน้า ดังนั้นหากมีการวินิจฉัยพบสภาวะการฝึกเกินและได้ทำการแก้ไข นักกีฬาอาจมีความเสี่ยงที่จะกลับเข้าสู่สภาวะฝึกเกินอีกครั้งในช่วง 3 เดือน ในระหว่างนี้นักกีฬาไม่ควรพยายามที่จะเพิ่มการฝึกมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ต่อสัปดาห์

การปรับตัวของกล้ามเนื้อจากการฝึกด้วยแรงต้าน

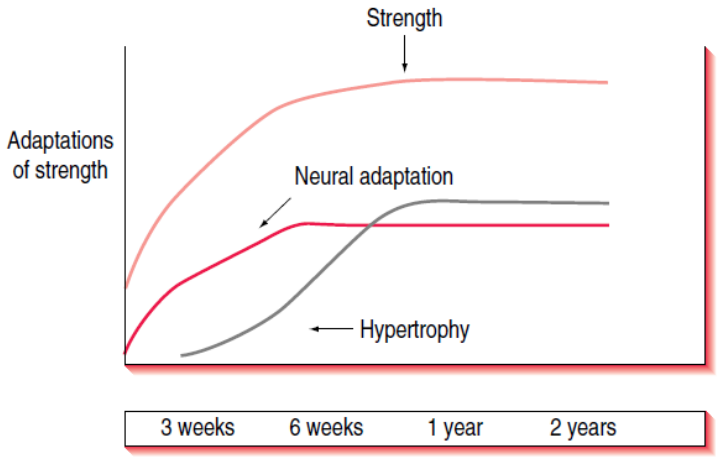
การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในช่วงแรกนั้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการระดมหน่วยยนต์ (Sale, 1988) ถึงแม้ว่าจะมีความเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อเช่นกันในช่วงต้นของการฝึกความแข็งแรงเช่นกัน (ภาพที่ 9)อย่างไรก็ตามพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการออกแรง ซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั้นมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าและออกแรงได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นผลจากการสังเคราะห์โปรตีนไมโอไฟบริลและจากการถ่ายโอนนิวคลีไอ (Neuclei) จากเซลแซทเทิลไลท์ (Satellite cell) โดยเป็นผลจากการทำงานของอินซูลินไลค์โกรทแฟกเตอร์ชนิดที่ 1 (Insulin like growth factor,IGF-1)

ข้อมูลจากการวิจัยในช่วง 10 ถึง 15 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า IGF-1 สามารถสร้างมาจากเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อเอง และส่งผลเฉพาะต่อเซลล์เนื้อเยื่อนั้นๆหรือเซลล์ข้างเคียง (Auto or paracrine effect) โดย IGF-1 ที่สร้างจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อนี้เรียกว่าแมคาโนโกรทแฟกเตอร์

(Mechano growth factor, MGF) (Yang et al., 1996) นอกจากนี้การศึกษายังพบว่า Growth hormone (GH) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าที่เคยเชื่อกันในอดีต โดยเป็นที่ยอมรับว่าการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงจะกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง GH โดยมีแนวโน้มว่ามีการทำงานร่วมกันระหว่าง GH ที่ยับยั้ง ไมโอสเตติน (Myostatin) ร่วมกับ การทำงานของ IGF-1 ได้ส่งผลให้มีการเพิ่มความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งไมโอสเตตินคือยีนที่ทำหน้าที่ยับยั้งการเติบโตเกินของกล้ามเนื้อ

ดังนั้นการปรับตัวหลังการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูง เกิดจากระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วส่งผลให้เกิดการปรับตัวโดยการเพิ่มการสังเคราะห์ไมโอไฟบริล และเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะในเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว ส่งผลให้สามารถออกแรงได้มากขึ้น นอกจากนี้ ภายหลังการฝึกความแข็งแรงพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังส่งผลให้มีการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) เมื่อปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักต่ำกว่าความหนักสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วย โดยภายหลังการฝึกกล้ามเนื้อจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จะมีการระดมหน่วยยนต์น้อยลงที่ความหนักเท่าเดิม ดังนั้นเมื่อหน่วยยนต์ใดเกิดความล้าจะมีหน่วยยนต์อื่นที่เข้ามาทำหน้าที่แทน

ความจำเพาะของการฝึกด้วยแรงต้านคือกลุ่มกล้ามเนื้อที่พัฒนาจะเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกใช้ในขณะฝึกเท่านั้น ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนไหวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญโดยเฉพาะในช่วงแรกของการฝึกที่เกิดจากการปรับตัวของระบบประสาท ดังนั้นผู้ฝึกสอนจึงควรแน่ใจว่ารูปแบบของการฝึกและการเคลื่อนไหวในขณะเล่นกีฬามีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งจะส่งผลให้การเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพและป้องกันการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้น



ภาพที่ 9 การปรับตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการฝึกความแข็งแรง

ที่มา: The physiology of training, Whyte (2006)

การฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ

Bompa and Buzzichelli (2015) ได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อด้วยใช้การฝึกด้วยน้ำหนักดังนี้

ตารางที่ 2 วิธีการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ

เป้าหมายของการฝึก	ความหนัก (เปอร์เซ็นต์ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง)	จำนวนครั้ง	จำนวนชุด
1.พัฒนาความแข็งแรง	ตั้งแต่ 85% ขึ้นไป	ไม่เกิน 6 ครั้ง	2-6
2.พัฒนาขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ	65-85%	6-12 ครั้ง	3-6
3.พัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ	ตั้งแต่ 65% ลงมา	ตั้งแต่ 12 ครั้งขึ้นไป	2-3

การฝึกเชิงซ้อน

Kobal et al. (2016) ได้เปรียบเทียบรูปแบบของการฝึกร่วมกันระหว่างเวทเทรนนิ่งและพลัยโอเมตริก 3 รูปแบบได้แก่ 1) การฝึกพลัยโอเมตริกก่อนแล้วจึงทำการฝึกเวทเทรนนิ่ง, 2) การฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนแล้วจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริก, 3) การฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด (Set by set) ต่อความแข็งแรง, พลัง และความเร็วในการวิ่ง พบว่า ทั้ง 3 รูปแบบ มีความแข็งแรงและพลังเพิ่มขึ้น แต่รูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกก่อนแล้วจึงทำการฝึกเวทเทรนนิ่งส่งผลให้ความเร็วในการวิ่งลดลง ขณะที่กลุ่มการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนแล้วจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริก และกลุ่มการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด ไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงและพลัง มากกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด มีความเหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกกีฬา ซึ่งจากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด เป็นรูปแบบของการฝึกที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความแข็งแรงและพลัง

Chu (1998) ได้อธิบายลักษณะของการฝึกเชิงซ้อนว่าเป็นการฝึกสลับไปมาแบบชุดต่อชุด (Set by set) ระหว่างเวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูง (Heavy resistance training) กับพลัยโอเมตริก (Plyometric) โดยมีลักษณะทางชีวกลศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ภายในการฝึกเดียวกัน หรืออาจใช้ การวิ่ง

หรือการฝึกที่มีรูปแบบเฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติทักษะกีฬาชนิดนั้นๆแทนการฝึกแบบพลัยโอเมตริกก็ได้ (Chu, 1996)

Docherty, Robbins, and Hodgson (2004) ได้กล่าวว่าการฝึกเชิงซ้อนเป็นการใช้คุณสมบัติของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Postactivation Potentiation หรือ PAP) ซึ่งทำให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการหดตัวครั้งก่อนหน้า Tillin and Bishop (2009) ได้อธิบายว่ากล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการหดตัวเพิ่มขึ้นจากการทำงานครั้งก่อนหน้า ซึ่ง Hodgson et al. (2005) ได้อธิบายว่า PAP ทำให้เกิดคุณสมบัติของกระบวนการ ฟอสโฟรีเลชั่น (Phosphorelation) ที่มัยโอซินเรกกูลาทอรี่ไลท์เชน (Myosin regulatory light chain) ซึ่งทำให้แอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) มีความไวต่อแคลเซียมไอออน (Calcium ion) มากขึ้นและยังเพิ่มความตื่นตัวของแอลฟ่า มอเตอร์นิวรอน (Alpha motor neuron) ทำให้การตอบสนองของ เอช รีเฟล็กซ์ (H reflex) ใช้เวลาสั้นลง นอกจากนี้ Zois et al. (2011) ได้กล่าวว่า PAP จะกระตุ้นการระดมหน่วยยนต์ที่มากขึ้น จากหลายงานวิจัยที่ศึกษาผลแบบฉับพลันของการใช้ PAP โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวัดพลังของกล้ามเนื้อหรือความเร็วในการวิ่งก่อนให้การทดลองแล้วทำการพัก จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วพักในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (30 วินาที – 12 นาที) แล้วทำการวัดพลังของกล้ามเนื้อหรือความเร็วในการวิ่ง แล้วทำการเปรียบเทียบกับระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งในปัจจุบันแม้ว่าผลการศึกษายังคงไม่เป็นที่แน่ชัดถึงประสิทธิภาพของ PAP แต่จากการศึกษาของ Healy and Comyns (2017) ในงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้มีการใช้ PAP พบว่าการใช้เวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูง (>90%1RM) และมีเวลาพักที่เหมาะสม (3 - 8 นาที) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งได้

ผลจากการฝึกเชิงซ้อนในระยะยาวพบว่า การฝึกเชิงซ้อนสามารถเพิ่มความแข็งแรง,พลัง, ความเร็วในการวิ่งและการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) ได้ (Ingle, Sleap, and Tolfrey, 2006; Mihalik et al., 2008; Santos and Janeira, 2008; Juárez, González-Ravé, and Navarro, 2009; MacDonald, Lamont, and Garner, 2012; Miller, Koh, and Park, 2014) โดยการฝึกเชิงซ้อนได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากการศึกษาและการฝึกว่าเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อให้กับนักกีฬา เนื่องจากการฝึกเชิงซ้อนประกอบด้วยการใช้เวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูงที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงละพลังของกล้ามเนื้อซึ่งเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว ร่วมกับการใช้การฝึกแบบพลัยโอเมตริก ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการฝึกมาตรฐานที่ใช้ในการฝึกพลังของกล้ามเนื้อขาและสมรรถนะของนักกีฬา (Markovic et al., 2007) โดยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกคือการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและทรงพลังที่ประกอบด้วยการการหดตัวแบบเอกเซนตริกอย่างรวดเร็วแล้วตามด้วยการหดตัวแบบคอนเซนตริกที่รวดเร็วและทรงพลัง โดยเป็นวงจรการยืด

ออกและหดสั้นเข้า (Stretch-Shortening cycle) (Wilk et al., 1993) ซึ่งอาศัยการทำงานของรีเฟล็กซ์การยืด (Stretch reflex) โดย McNeely (2005) ได้กล่าวว่า ภายในกล้ามเนื้อมีมัสเซิลสปินเดิล (Muscle spindle) ที่ทำหน้าที่รับรู้การยืดของกล้ามเนื้อ ในกรณีที่กล้ามเนื้อเกิดการยืดตัวอย่างรวดเร็ว มัสเซิล สปินเดิลจะส่งกระแสประสาทรับความรู้สึกไปยังสันหลังและจะตอบสนองอย่างรวดเร็ว โดยกระแสประสาทสั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่เกิดการยืดตัวออกนั้นหดตัว และยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) ซึ่งยิ่งกล้ามเนื้อเกิดการยืดออกเร็วมากจะยิ่งส่งผลให้แรงหดตัวที่เกิดจากรีเฟล็กซ์นี้มากขึ้น จากการฝึกแบบพลัยไอเมตริกในขณะลงสู่พื้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการยืดตัวออกอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Elastic component) ตลอดจนรีเฟล็กซ์การยืดซึ่งในการฝึกจะต้องมีการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วตามมา (เช่นการกระโดดขึ้นทันทีภายหลังจากย่อลง) จึงจะได้รับประสิทธิภาพจากการฝึกพลัยโอเมตริก

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีประโยชน์ต่อสมรรถภาพทางกายเช่น ความแข็งแรง, พลัง, ความเร็ว, ความคล่องแคล่ว,ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ, ความเร็วในการหดตัว และการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Potteiger et al., 1999; Burgess et al., 2007; Malisoux et al., 2007; Negra et al., 2016) นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าการใช้การฝึกพลัยโอเมตริกที่มีรูปแบบเฉพาะเจาะจงกับกิจกรรมการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) (เช่น การกระโดดในแนวราบ) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนทิศทางด้วย (Asadi et al., 2016) จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงสรุปได้ว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูงและการฝึกแบบพลัยโอเมตริกล้วนมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะให้กับนักกีฬา เมื่อนำการฝึกทั้งสองรวมเข้าด้วยกันจึงมีประสิทธิภาพต่อการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถนะให้กับนักกีฬาโดย Ebben and Watts (1998) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการฝึกเชิงซ้อนไว้ดังนี้

1. การฝึกเชิงซ้อนควรถูกจัดอยู่ในโปรแกรมการฝึกระยะยาว โดยนักกีฬาควรมีความแข็งแรงในระดับพื้นฐาน ซึ่งควรฝึกให้นักกีฬามีความแข็งแรงเพื่อเตรียมตัวสำหรับการฝึกเชิงซ้อน และควรมีการฝึกพลัยโอเมตริกโดยใช้ความหนักต่ำก่อนในช่วงเตรียมความพร้อมแต่ไม่ใช่การจับคู่การฝึกแบบโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อน เมื่อนักกีฬามีความแข็งแรงและความพร้อมในระดับหนึ่งจึงทำการฝึกในรูปแบบของการฝึกเชิงซ้อน การฝึกเชิงซ้อนสามารถฝึกด้วยการเคลื่อนไหวที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกิจกรรมกีฬา จึงนับว่าเป็นการฝึกที่สามารถปฏิบัติได้หลากหลายและประหยัดเวลา

2. ในการฝึกเชิงซ้อนควรฝึกเวทเทรนนิ่งที่ความหนักสูง โดยปริมาณการฝึกเชิงซ้อนจะต้องมีปริมาณที่ไม่มากจนเกินไปเพื่อป้องกันความเมื่อยล้าจนนักกีฬาไม่สามารถมุ่งความสนใจไปยังกิจกรรมการฝึกได้ ซึ่งปริมาณการฝึกควรอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ชุด โดยในแต่ละชุดของการฝึกเวทเทรนนิ่งควรมีการฝึก 2 ถึง 8 ครั้ง และมีการฝึก 5-15 ครั้งสำหรับการฝึกพลัยโอเมตริก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ท่าที่ใช้ในการฝึกเชิงซ้อนควรคำนึงถึงหลักทางด้านชีวกลศาสตร์และความเร็วในการเคลื่อนไหว ซึ่งในการฝึกด้วยน้ำหนักควรเป็นท่าที่มีการเคลื่อนไหวหลายข้อต่อ และมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวขณะปฏิบัติทักษะของกีฬา แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้ท่าที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวในขณะปฏิบัติทักษะกีฬาเช่นกัน

4. การฝึกเชิงซ้อนควรมีความถี่ในการฝึก 1 ถึง 3 ครั้งต่อสัปดาห์โดยมีการพักระหว่างครั้ง 48 ถึง 96 ชั่วโมง เพื่อป้องกันความเมื่อยล้าที่มากเกินซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการฝึก ในช่วงก่อนการแข่งขันการฝึกเชิงซ้อนควรมีการฝึก 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ และเมื่อเข้าสู่ช่วงแข่งขันควรลดการฝึกลงเหลือ 1 ถึง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยเป็นการฝึกด้วยความหนักสูงแต่ปริมาณไม่มาก
การฝึกเชิงซ้อนควรเริ่มจากการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนเพื่อกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์จำนวนมากขึ้น ก่อนที่จะมีการใช้การฝึกพลัยโอเมตริกตามมาซึ่งจะส่งผลให้เกิดพลังกล้ามเนื้อสูง โดยการฝึกเชิงซ้อนถูกจัดให้มีการฝึกสอนก่อนการปฏิบัติการฝึกใดๆเพื่อให้นักกีฬาปราศจากความเมื่อยล้าก่อนการฝึกซึ่งทำให้การฝึกเชิงซ้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. หลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งควรตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ในทันทีภายในระยะเวลาไม่เกิน 30 วินาที เพื่อใช้ประโยชน์จากการระดมหน่วยยนต์จากการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนหน้า จากนั้นเมื่อจบชุดของการฝึกเชิงซ้อนควรพัก 2 ถึง 10 นาทีก่อนเริ่มชุดของการฝึกถัดไป

จากข้อเสนอแนะของ Ebben and Watts (1998) ที่กล่าวว่า หลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งควรตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ในทันทีภายในระยะเวลาไม่เกิน 30 วินาที เพื่อใช้ประโยชน์จากการระดมหน่วยยนต์จากการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนหน้า อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเป็นที่ชัดเจนว่า ภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่ง ก่อนการฝึกแบบพลัยโอเมตริกนั้นควรมีเวลาพักที่เพียงพอ โดย Duthie, Young, and Aitken (2002) ได้กล่าวว่าการฝึกพลัยโอเมตริกจะพัฒนาสมรรถนะได้มากกว่าเมื่อฝึกในสภาวะที่ปราศจากความล้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ebben (2002) ที่ได้ศึกษาจากงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกเชิงซ้อนก่อนหน้าโดยได้แนะนำว่าภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่ง ก่อนการฝึกแบบพลัยโอเมตริกนั้นจำเป็นที่จะต้องมีเวลาพัก 3-4 นาที นอกจากนี้ Healy and Comyns (2017) ที่ได้แนะนำว่าภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งควรมีเวลาพัก 3-8 นาที จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการวิ่งดีขึ้น

จากการศึกษาเรื่องระยะเวลาพักภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งสามารถสรุปได้ว่า ภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งควรมีเวลาพักที่เพียงพอเพื่อไม่ให้เกิดความล้าส่วนเกินที่สามารถลดทอนประสิทธิภาพของการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งสอดคล้องกับ Whyte (2006) ที่ได้กล่าวว่า พลังของกล้ามเนื้อจะลดลงเมื่อกล้ามเนื้อขาดพลังงานจาก ATP-CP (Adenosine triphosphate – Creatine phosphate) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดกิจกรรมของกล้ามเนื้อ CP จะถูกสังเคราะห์ขึ้นใหม่ โดยระยะเวลา 3-4 นาทีจะสามารถสังเคราะห์ CP ได้ประมาณ 90% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ CP ก่อนการออก

กำลังกาย ดังนั้นภายหลังจากการฝึกเวทเทรนนิ่งควรพักอย่างน้อย 4 นาทีก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อประสิทธิภาพของการฝึกพลัยโอเมตริกที่ดีกว่า

การฝึกแบบเอกเซนตริก

เมื่อกล้ามเนื้อได้รับแรงมากกว่าที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงจะส่งผลให้กล้ามเนื้อนั้นยืดยาวออก ซึ่งซาโครเมียร์กล้ามเนื้อจะทำการหดตัวในลักษณะของการยืดออก หรือเรียกว่าการหดตัวแบบเอกเซนตริก ในทางสรีรวิทยาการฝึกแบบเอกเซนตริกเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป(ที่ประกอบด้วยช่วงเอกเซนตริกและคอนเซนตริก) จะมีการปรับตัวของกล้ามเนื้อและระบบประสาทกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ดังนี้

1.การปรับตัวของกล้ามเนื้อ

ในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดออกโดยแรงตึงตัวที่มากจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเสียหายในระดับเซลล์โครงสร้างของกล้ามเนื้อลายที่มากกว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป (Coffey and Hawley, 2007) จึงทำให้กล้ามเนื้อเกิดการปรับตัวโดยการสังเคราะห์โปรตีนมากกว่า(Schoenfeld, 2010) โดยมีข้อมูลยืนยันว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกทำให้เกิดการเพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Type2A) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาก (Type2B) มากกว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป (Friedmann-Bette et al., 2010) และเกิดการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อมากกว่า (Vandenburgh, 1987) นอกจากนี้การฝึกแบบเอกเซนตริกส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscular stiffness) ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการดูดซับพลังงานมากขึ้นขณะทำงานแบบเอกเซนตริกอย่างรวดเร็ว (การทำงานเหมือนสปริงที่ยืดออก) หากกล้ามเนื้อมีการทำงานแบบคอนเซนตริกอย่างรวดเร็วพลังงานที่ถูกสะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาซึ่งเรียกว่าการหดตัวยืดหยุ่น (Elastic recoil) ในทางกลับกันหากไม่มีการทำงานแบบคอนเซนตริกอย่างรวดเร็ว (เกิน 1-3 วินาที) พลังงานที่สะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาในรูปของพลังงานความร้อน (Lindstedt et al., 2001) โดยความแข็งตัวของกล้ามเนื้อได้ถูกวัดเป็นความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Leg stiffness) เนื่องจากมีการศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในรูปแบบสปริง โดยขาของมนุษย์เปรียบเสมือนสปริง มวลของสปริงคือมวลของร่างกาย ดังนั้นความแข็งตัวของสปริงจึงเปรียบได้กับความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา คืออัตราส่วนระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงความยาวสูงสุดของสปริง แต่ในมนุษย์ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาคืออัตราส่วนระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาช่วยเพิ่มความเร็วในการวิ่ง,ประหยัดพลังงานขณะวิ่ง และเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบแรงระเบิด (Dalleau et al., 2004)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.การปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาของ Yue et al. (2000) พบว่าเมื่อวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram) เปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกกับการทำงานแบบคอนเซนตริกพบว่าการทำงานของสมองมีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกัน โดยขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกคลื่นไฟฟ้าสมองนั้นมีค่าแอมพลิจูด (Amplitude) ที่สูงกว่าโดยเฉพาะกระแสประสาทนำเข้า (Afferent) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากความซับซ้อนของการทำงานแบบเอกเซนตริกและ/หรือการควบคุมรีเฟล็กซ์การเหยียด (Stretch-reflex) ในระดับกล้ามเนื้อ Vogt and Hoppeler (2014) ได้ทำการศึกษาโดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyogram) ขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกโดยที่กล้ามเนื้อมีความตึงตัวเท่ากับขณะการทำงานแบบคอนเซนตริก แสดงให้เห็นว่ามีการระดมหน่วยยนต์ที่น้อยกว่า ส่งผลให้เกิดความเครียดต่อหน่วยยนต์ที่มากกว่า และจากการศึกษาของ Dartnall et al. (2009) พบว่าภายหลังจากการฝึกแบบเอกเซนตริก มีการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อมากขึ้นที่แรงเท่ากัน ซึ่งแสดงถึงการมีแนวโน้มจากการฝึกแบบเอกเซนตริกที่มีผลต่อความตื่นตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

ประโยชน์ของการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

การฝึกกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกส่งผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางว่าการฝึกกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงได้มากกว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป (Vogt and Hoppeler, 2014; Maroto-Izquierdo et al., 2017) ทั้งความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก, ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก และความแข็งแรงแบบไอโซเมตริก ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของของการระดมหน่วยยนต์และการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาก (Friedmann-Bette et al., 2010)

พลังของกล้ามเนื้อ โดยจากการฝึกแบบเอกเซนตริก มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อได้แก่ การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อจึงส่งผลให้การหดตัวของกล้ามเนื้อมีแรงมากขึ้นตามสมการของพลัง (P = Force x Velocity), การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาก ซึ่งเป็นเส้นใยที่ใช้ในการออกแรงแบบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ, การตื่นตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และการเพิ่มขึ้นของความแข็งตัวของกล้ามเนื้อซึ่งจะดูดซับพลังงานขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกอย่างรวดเร็ว และปลดปล่อยพลังงานนี้ออกมาขณะกล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างรวดเร็ว โดยเป็นวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (Stretch shortening cycle) โดยมีการศึกษาพบว่า ในการกระโดด แรงที่กล้ามเนื้อดูดซับไว้ขณะกล้ามเนื้อยืดตัวออกอย่างรวดเร็ว แล้วถูกปลดปล่อยออกมาขณะกล้ามเนื้อหดตัวอย่างรวดเร็ว มีค่ามากเกินกว่า 50% ของแรงในการกระโดด (Komi, 2000) นอกจากนี้ Beattie et al. (2016) ได้กล่าวว่า กิจกรรมที่มีการหดตัวแบบยืด

ยาวออกของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกพร้อมกับความหนักสูงและมีวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (เช่น ดรอปจั๊มพ์ จากกล่องสูง) ต้องการความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength) ที่ถูกกำหนดโดยความแข็งแรงสูงสุด โดยเฉพาะความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ซึ่งจากหลายการวิจัยที่มีการใช้การฝึกแบบเอกเซนตริกมีการเพิ่มขึ้นของพลังของกล้ามเนื้อ (Friedmann-Bette et al., 2010; Vogt and Hoppeler, 2014; Tous-Fajardo et al., 2016)

ความเร็ว การฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาประสิทธิภาพในการวิ่งได้ (de Hoyo et al., 2015; Tous-Fajardo et al., 2016; Sabido et al., 2017) โดยปัจจัยที่สนับสนุนความเร็วในการวิ่งที่เป็นผลจากการฝึกแบบเอกเซตริก ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาก, การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยจากการศึกษาพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการวิ่ง (Comfort et al., 2014) และพลังของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าซึ่งส่งผลให้ความเร็วในการวิ่งให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (Whyte, 2006)

ความคล่องแคล่วว่องไว ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกกับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction ability) พบว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกนั้นมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Spiteri et al., 2014; Spiteri et al., 2015; Jones et al., 2017) ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางคือความสามารถในการเปลี่ยนโมเมนตัมในขณะเปลี่ยนทิศทางซึ่งต้องการความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) ในขณะเบรกหรือชะลอ (Spiteri et al., 2014) นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาโปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกในนักกีฬา ซึ่งผลของการทดลองพบว่าการให้โปรแกรมการฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางได้ดีขึ้น (de Hoyo et al., 2016; Tous-Fajardo et al., 2016; Sabido et al., 2017)

วิธีการฝึก

ในปัจจุบันการฝึกแบบเอกเซนตริกยังไม่มีการกำหนดรูปแบบความหนัก, จำนวนครั้ง, จำนวนชุดที่แน่นอนแต่จากการศึกษาที่ผ่านมาใช้วิธีการฝึกที่ความหนักสูงแต่ปริมาณต่ำ (High intensity low volume) โดยใช้ความหนักที่สูงมาก ซึ่งในบางการศึกษามีความหนักสูงกว่าน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดครั้งเดียว (>1RM) และโดยทั่วไปจำนวนครั้งในหนึ่งชุดการฝึกจะน้อย โดยใช้อุปกรณ์เช่น แมชชีนเวท, บาร์เบล และเครื่องไอโซคิเนติก (Vogt and Hoppeler, 2014) ซึ่งจากการศึกษาของ Roig et al. (2008) พบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกที่ความหนักสูง (มากกว่าน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง) สามารถพัฒนาความแข็งแรงได้มากกว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป โดยสอดคล้องกับบอมพา Bompa and Carrere (1999) ที่ได้เสนอรูปแบบการฝึกแบบเอคเซนตริกโดยกำหนดให้มีความหนักในช่วง 110-160% ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (1RM), ใช้จำนวนครั้งในการฝึก

1-4 ครั้งต่อชุด, ทำการฝึก 3-5 ชุด, เวลาพักระหว่างชุด 3-6 นาที ทำการฝึก 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าการฝึกโดยออกแรงต้านอย่างเดียวด้วยความหนัก 120% สามารถพัฒนา ความแข็งแรงและพลังได้ดีกว่าการฝึกรูปแบบอื่น (Cook et al., 2013; Munger et al., 2017)

การฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่ากับกีฬาฟุตบอล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่ใช้กล้ามเนื้อขาเป็นหลัก โดยกลุ่มกล้ามเนื้อขาที่มีความสำคัญมากคือกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Knee extensor) ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มกล้ามเนื้อควอดริเซบ ฟีมอริส (Quadriceps femoris) และกล้ามเนื้อเทนเซอร์ฟาสเซียลาต้า (Tensor fasciae latae) (Weineck, 1990) ซึ่งจะทำงานประสานกันโดยกล้ามเนื้อเทนเซอร์ฟาสเซียลาต้า มีหน้าที่หลักคือรักษาสมดุลของการเคลื่อนไหว (Gottschalk, Kourosh, and Leveau, 1989) และกลุ่มกล้ามเนื้อควอดริเซบ ฟีมอริส ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ เรคทัส ฟีมอริส (Rectus femoris), วาสทัส มีเดียลิส (Vastus medialis), วาสทัส เลทเทอราลิส (Vastus lateralis) และ วาสทัส อินเตอร์มีเดียส (Vastus intermedius) ทำหน้าที่หลักในการเหยียดเข่า (Weineck, 1990)

ในกีฬาฟุตบอลกลุ่มกล้ามเนื้อควอดริเซบ ฟีมอริส มีบทบาทที่สำคัญในการเตะลูกฟุตบอล, การกระโดด และการวิ่ง (Fried and Lloyd, 1992; Magalhaes et al., 2004) ซึ่งประสิทธิภาพของการปฏิบัติกิจกรรมเหล่านี้เกิดจากการมีระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อที่ดี

โดยท่าแบ็คสควอชจัดเป็นท่าที่นิยมใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อเหยียดเข่าเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลัง ซึ่งมักจะอยู่ในโปรแกรมการฝึกและโปรแกรมการฟื้นฟูอยู่เสมอ (Kasim, 2007) โดยชอนเฟลด์ Schoenfeld (2010) ได้แนะนำการฝึกโดยการใช้ท่าแบ็คสควอชดังนี้

1. ความลึกในการย่อ ควรคำนึงถึงเป้าหมายในการฝึกและความสามารถของแต่ละบุคคล เพราะแรงกดสูงสุด (Compressive force) ของกระดูกสะบ้า(Patella) ต่อกระดูกต้นขา (Femur) จะมากขึ้นเมื่อมีการย่อลงใกล้ความสามารถในการงอเข่าสูงสุด ดังนั้นผู้ที่ได้รับการฝึกที่มีสภาวะปัญหาเกี่ยวกับกระดูกสะบ้าควรหลีกเลี่ยงการงอเข่ามากๆ นอกจากนี้ผู้ที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมแซมเอ็นไขว้หลัง (Posterior cruciate ligament) หรือผู้ที่มีการบาดเจ็บเอ็นไขว้หลังควรที่จะจำกัดมุมในการงอเข่าไว้ที่ 50 ถึง 60 องศา แต่สำหรับการพัฒนากล้ามเนื้อควอดริเซบ (Quadriceps) มุมในการย่อควรเป็นแนวขนานกับพื้น โดยไม่พบกิจกรรมของกล้ามเนื้อเพิ่มเติมที่มุมในการย่อมากกว่านี้ แต่สำหรับกล้ามเนื้อสะโพก มุมในการย่อที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มโมเม้น (Moment) ให้กับกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ดังนั้นฟูลสควอช (Full squat) อาจมีประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก

2. ความเร็วในการเคลื่อนไหว ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็ว (Force velocity curve) เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนไหวในท่าแบ็คสควอชส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ

แรงกดและแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงเอกเซนตริก การย่อลงอย่างรวดเร็วอาจส่งผลให้เกิดแรงกระทำต่อข้อต่อเข่ามากขึ้น หากไม่สามารถควบคุมความเร็วในช่วงเอกเซนตริกได้อาจทำให้เกิดการสัมผัสกันแบบบอลิสติก (Ballistic) ระหว่างกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring) และกล้ามเนื้อน่อง (Calf mucles) ซึ่งอาจทำให้เกิดการวางตัวผิดตำแหน่ง (Dislocation) ของเอ็นข้อเข่า ดังนั้นในการฝึกด้วยท่าแบ็คสควอชนั้นในขณะเอกเซนตริกควรปฏิบัติโดยที่สามารถควบคุมความเร็วในการย่อลงได้โดยระยะเวลาการย่อควรให้มีเวลา 2-3 วินาที

3. ท่าการยืนที่กว้างนั้นเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนากล้ามเนื้อกางสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ในขณะที่ท่ายืนแบบกว้างน้อยกว่านั้นมีจุดมุงหมายในการพัฒนากล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) และตำแหน่งการวางเท้าแบบแคบสามารถลดแรงกดของกระดูกสะบ้าต่อกระดูกต้นขาลง แต่การวางเท้าแบบกว้างทำให้หัวเข่าเคลื่อนที่ไปด้านหน้าลดลงและลดแรงเฉือนต่อข้อเข่า

4. การวางตำแหน่งบาร์เบล แบบต่ำ หรือการวางบาร์บนด้านหลังของกล้ามเนื้อเดลทอยด์ (Posterior deltoid) มีแนวโน้มทำให้เกิดทอร์ค (Torque) ของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกมากกว่าและเกิดทอร์คบน กล้ามเนื้อเหยียดเข่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการวางบาร์แบบสูงหรือการวางบาร์บนกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบน (Upper trapezius) แต่อย่างไรก็ตามขนาดของแรงที่มีต่อข้อต่อที่เกี่ยวข้อง จากการปฏิบัติท่าแบ็คสควอชทั้งสองรูปแบบนั้นสามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงนับได้ว่าเป็นท่าที่เหมาะสมในการยก ตำแหน่งการยกแบบฟรอนท์สควอช (Front squat) ส่งผลให้ลดแรงกดต่อเข่าและความเครียดต่อกระดูกสันหลังส่วนเอวลงจึงนับว่าเป็นท่าที่เหมาะสมต่อผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่าหรือหลัง นอกจากนี้การยกแบบฟรอนท์สควอชมีความเหมาะสมกับนักกีฬายกน้ำหนักเพราะการยกแบบฟรอนท์สควอชเป็นองค์ประกอบหนึ่งในท่าคลีน (Clean)

5. ความล้านั้นเป็นอันตรายต่อการปฏิบัติเทคนิคในการยก โดยมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อความมั่นคงของเข่าและเพิ่มแรงเฉือนต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว หากในการฝึกซ้อม มีความจำเป็นต้องยกจนกว่าจะไม่สามารถดำเนินการยกต่อได้ ผู้ฝึกควรมีบุคคลอื่นคอยดูแลการฝึกอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัย

นอกจากนี้ Kasim (2007) ได้แนะนำการฝึกแบ็คสควอชเพื่อลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บและเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อว่า ตำแหน่งของเท้าควรวางแบบกว้าง โดยกว้างกว่าช่วงไหล่ซึ่งสามารถเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแอดดัคเตอร์ ลองกัส (Adductor longus) ได้ และควรวางเท้าตามธรรมชาติ ไม่จำกัดการเคลื่อนไหวของเข่ามากเกินไป แม้ว่าในอุดมคติคือเข่าไม่ควรเกินปลายเท้าก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับ Fry, Smith, and Schilling (2003) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบการจำกัดการเคลื่อนไหวของเข่าและไม่จำกัดการเคลื่อนไหวของเข่าซึ่งพบว่าการจำกัดการเคลื่อนไหวของเข่าทำให้

ผู้ปฏิบัติต้องโน้มตัวไปด้านหน้ามากขึ้นและมุมภายในของเข่าจะกว้างขึ้น ดังนั้นในทางปฏิบัติควรอนุโลมให้เข่าสามารถเกินปลายเท้าได้เล็กน้อยเพื่อให้มีการส่งต่อแรงสู่สะโพกและบริเวณหลังได้ดีขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล (2548) ได้ศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิด ที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย จำนวน 30 คน อายุระหว่าง 18-22 แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน แล้วสุ่มวิธีการทดลองให้แต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม ฝึกตามปกติ กลุ่มทดลอง ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติ โดยฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทดสอบ ความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนัก กับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการเร่งความเร็ว มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

สุทธิกร อาภานุกูล และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2552) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบเอกเซนตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักกีฬาเทนนิสชายจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจากนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย จากนั้นแบ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยการจับสลากเข้ากลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบเอกเซนตริก ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว (Relative strength) ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง, หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที (t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measure) ถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของตูกี เอ (Tukey a) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มการฝึกแบบเอกเซนตริกมีการ

เพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อขา ความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่ากลุ่มที่ฝึกฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี (2553) ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกดรอปจั๊มพ์ ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับฉลากเข้ากลุ่มให้เท่ากัน ได้แก่ กลุ่มที่1 ฝึก พลังกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก และกลุ่มที่ 2 ฝึกดรอปจั๊มพ์ ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และ ความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า การฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก และการฝึกดรอปจั๊มพ์ มีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาได้ครบทุกองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา

งานวิจัยต่างประเทศ

Farthing and Chilibeck (2003) ได้ทำการทดลองความเร็วของไอโซคิเนติก ในการฝึกแบบคอนเซนตริกและแบบเอกเซนตริก สองความเร็วในการเคลื่อนไหวคือแบบช้า (30°/วินาที) และแบบเร็ว (180°วินาที) ต่อการเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอข้อศอก ทำการฝึกในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน ซึ่งไม่เคยผ่านการฝึกด้วยแรงต้านมาก่อน อายุ 18-36 ปี โดย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ฝึกแบบเร็ว 13 คน, กลุ่มที่ฝึกแบบช้า 11 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน ในกลุ่มที่มีการฝึกจะทำการฝึกที่แตกต่างกันในแขนแต่ละข้าง โดยแขนข้างใดข้างหนึ่งจะฝึกแบบคอนเซนตริกและแขนอีกข้างหนึ่งจะฝึกแบบเอกเซนตริก ทั้งหมดฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างได้ถูกทดสอบก่อนและหลังการฝึกพบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกทั้งสองความเร็วมีการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อมากกว่าการฝึกแบบคอนเซนตริก โดยการฝึกแบบเอกเซนตริกแบบเร็วมีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงมากที่สุด

Friedmann-Bette et al. (2010) ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกที่เพิ่มความหนักขณะช่วงเอกเซนตริกกับการฝึกที่ใช้น้ำหนักช่วงคอนเซนตริกและเอกเซนตริกคงที่ (เวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป) บนกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ต่อความเปลี่ยนแปลงของ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า, ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ, ความแข็งแรงสูงสุด, ความสูงในการกระโดดในท่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สควอช จั๊มพ์ ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คนซึ่งต่อมาได้ทำการแบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มทดลอง (กลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักขณะช่วงเอกเซนตริก) 14 คน และกลุ่ม เวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป 11 คน ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างด้วยการตัดชิ้นเนื้อกล้ามเนื้อ (Biopsy) ทั้งก่อนและหลังการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มมีการเพิ่มขึ้นของ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของกลุ่มกล้ามเนื้อควอดริเซบและความแข็งแรงสูดสุดแต่มีเพียงกลุ่มทดลองเท่านั้นที่มีการพัฒนาของ ความสูงสูงในการกระโดดในท่าสควอช จั๊มพ์ และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วมาก จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มความหนักขณะปฏิบัติช่วงเอกเซนตริกสามารถส่งผลให้กล้ามเนื้อปรับตัวโดยทำให้เกิดประสิทธิภาพต่อกิจกรรมที่รวดเร็วและต้องการการออกแรงแบบแรงระเบิดได้

Spiteri et al. (2014) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงแบบต่างๆของกล้ามเนื้อขาและพลังของกล้ามเนื้อ ต่อความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาบาสเก็ตบอล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเก็ตบอลระดับแนวหน้าจำนวน 12 คน โดยได้ทำการทดสอบ ความแข็งแรงแบบเคลื่อนไหวโดยใช้ท่าแบ็คสควอชความแข็งแรงแบบความยาวกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง (Isometric strength), ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก, ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก, พลังกล้ามเนื้อแบบเคาร์เตอร์มูฟเม้นจั๊มพ์, ความคล่องแคล่วว่องไวโดยใช้แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบเวลาปฏิกิริยา (Reactive agility test) และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง โดยใช้ 2 รูปแบบคือแบบทดสอบความสามารถในการเคลื่อนไหวแบบ 505 (505 change of direction test) และแบบทดสอบความสามารถในการเคลื่อนไหวรูปตัวที (T-test agility) จากนั้นนำข้อมูลจากการทดสอบมาวิเคราะห์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดัคโมเมนต์ และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบสเต็ปไวส์
ผลการวิจัยพบว่าความแข็งแรงแบบต่างๆมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง แต่ความแข็งแรงแบบเอกเซ็นตริก นับได้ว่าเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นหลักในการกำหนดความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (r = - 0.89)

de Hoyo et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการฝึกที่เพิ่มความหนักขณะช่วงเอกเซนตริกโดยใช้อุปกรณ์ฟลายวีล (Flywheel) ฝึกกล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้องอเข่า (Hamstring) ที่มีผลต่ออุบัติการณ์ของการบาดเจ็บ, ความหนักของการบาดเจ็บ และสมรรถนะของนักกีฬาฟุตบอลชั้นแนวหน้าระดับเยาวชน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวนทั้งหมด 56 คน ได้ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองทำการฝึกสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง การฝึกแต่ละครั้งประกอบด้วย 3-6 ชุดของการฝึก ยกน้ำหนัก 6 ครั้งต่อชุด เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีการบาดเจ็บลดลงและความหนักในการบาดเจ็บน้อยกว่ากลุ่มควบคุมและในกลุ่มทดลอง เวลาในการวิ่งที่

10 เมตร, 20 เมตร และความสูงในการกระโดดเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์ จั้มพ์ มีการพัฒนามากกว่ากลุ่มควบคุม

Beattie et al. (2016) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซเมตริกและดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength index) โดยใช้การทดสอบแบบดรอปจั๊มพ์ จากความสูงของกล่องที่ 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 เมตร และศึกษาถึงความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของนักกีฬาที่มีความแข็งแรงกว่ากับนักกีฬาที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาโดยไม่ได้กำหนดชนิดกีฬาจำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่าดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองในทุกระดับความสูงของกล่องมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางกับความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซเมตริก (r = 0.302 ถึง 0.431)โดยพบว่านักกีฬาที่มีความแข็งแรงกว่ามีดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองมากกว่านักกีฬาที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พบว่าดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองลดลงตามความสูงของกล่องที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มนักกีฬาที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า ในขณะที่นักกีฬาที่มีความแข็งแรงกว่าสามารถรักษาดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองไว้ได้ในทุกความสูงของกล่องผู้วิจัยได้สรุปว่ากิจกรรมที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออกของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกพร้อมกับความหนักสูงและมีวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (เช่น ดรอปจั๊มพ์ จากกล่องสูง) ต้องการความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength) ที่ถูกกำหนดโดยความแข็งแรงสูงสุดโดยเฉพาะความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก

Kobal et al. (2016) ได้เปรียบเทียบรูปแบบของการฝึกร่วมกันระหว่างการฝึกเวทเทรนนิ่งและพลัยโอเมตริก ต่อความแข็งแรง, พลัง, ความเร็วในการวิ่ง และความคล่องแคล่วว่องไว โดยการวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คนแล้วแบ่งเป็นสามกลุ่มดังนี้ กลุ่ม 1.การฝึกพลัยโอเมตริกก่อนแล้วจึงทำการฝึกเวทเทรนนิ่ง, กลุ่ม 2.การฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนแล้วจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริกและกลุ่ม 3.การฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด (Set by set) ในจำนวนเท่าๆกัน และการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองในขณะช่วงของการแข่งขัน ซึ่งได้ทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งโปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่งใช้การฝึกที่ความหนัก 60% ถึง 80% ของ 1RM ในท่าฮาล์ฟสควอช (Half squat) และการฝึกพลัยโอเมตริกใช้การฝึกดรอปจั๊มพ์ (Drob jump) จากกล่องที่มีความสูง 30 ถึง 45 เซนติเมตร โดยได้ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยความแข็งแรงแบบเคลื่อนที่ในท่าฮาล์ฟสควอช, ความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง, ความเร็วในการวิ่ง และความคล่องแคล่วว่องไว

ผลการวิจัยพบว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนแล้วจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริกหรือการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังได้ แต่มี

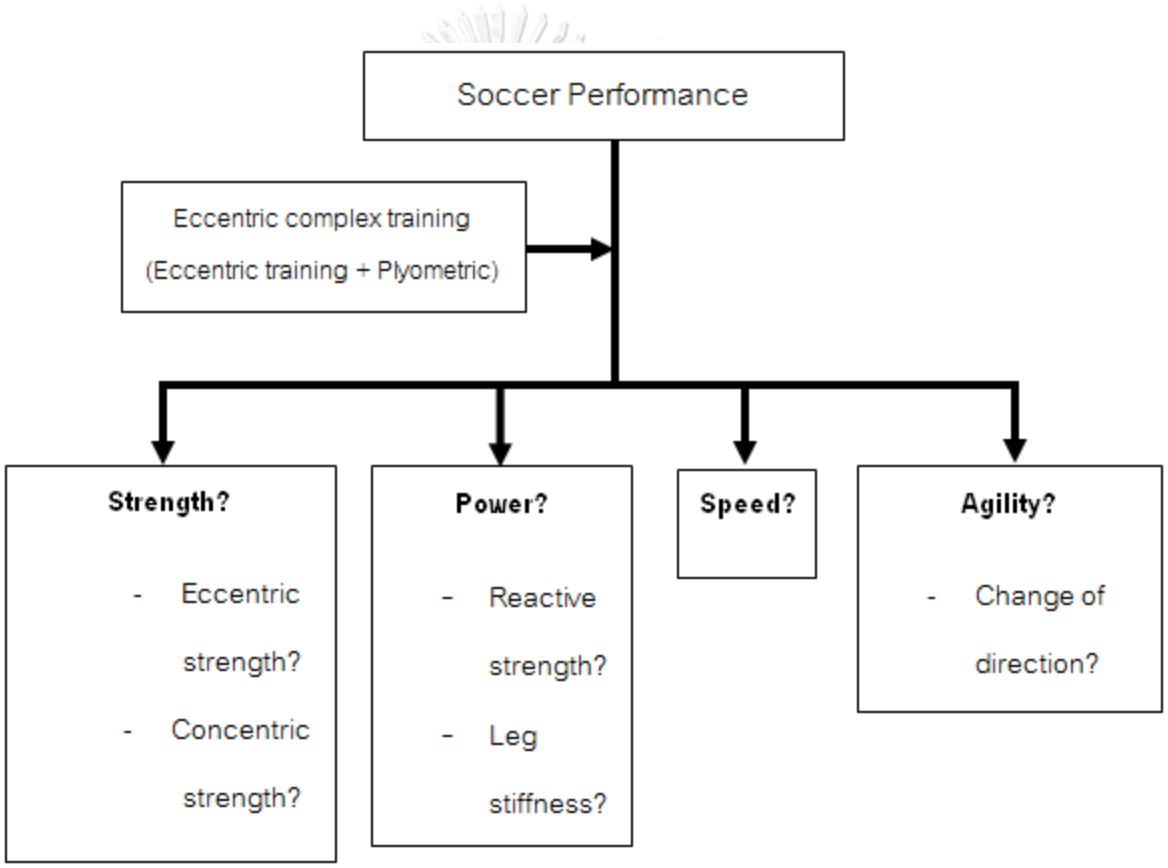
ข้อสังเกตคือการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงและพลัง มากกว่ากลุ่มอื่นๆ

Tous-Fajardo et al. (2016) ได้ทำการศึกษาการฝึกที่เพิ่มความหนักขณะช่วงเอกเซนตริกร่วมกับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ต่อความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 24 คนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆกัน โดยตัวอย่างจะถูกแบ่งเข้าสู่กลุ่มทดลอง หรือกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป กลุ่มทดลองทำการฝึกแบบเพิ่มความหนักขณะช่วงเอกเซนตริกร่วมกับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งโปรแกรมการฝึกคือ การฝึกแบบเพิ่มความหนักขณะช่วงเอกเซนตริก 5 แบบ แบบละ 2 ชุด, ยก 6-10 ครั้งต่อชุด รวมกับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 3 แบบ ในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปทำการฝึก 3 ชุดของการฝึกเชิงซ้อน ซึ่งประกอบด้วยการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริก หรือวิ่งทางตรง ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกเป็นเวลา 11 สัปดาห์ มีการทดสอบก่อนและหลังการฝึก ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบความเร็วในการวิ่ง, การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง,การทดสอบพลังในการกระโดดด้วยเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ และการทดสอบรีบาวน์ดิ้งจั๊มพ์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง, ความเร็วในการวิ่งที่ 30 เมตร, 10 เมตร, พลังเฉลี่ย, ความสูงในการกระโดดรีบาวน์ดิ้งจั๊มพ์ และพลังเฉลี่ย มากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้ สมรรถนะของกีฬาฟุตบอล (Soccer performance) เกิดจากการมีองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อที่ดี ได้แก่ ความแข็งแรง (Strength), พลัง (Power), ความเร็ว (Speed) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ซึ่งความแข็งแรงทั้งแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) และแบบคอนเซนตริก (Concentric strength) จัดเป็นเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อ, ความเร็ว และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง โดยพลังของกล้ามเนื้อมักเกี่ยวข้องกับวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้า (เช่นการย่อขาแล้วกระโดด) ซึ่งประสิทธิภาพของวงจรนี้สามารถวัดได้จากดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง นอกจากนี้ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscular stiffness) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อโดยทำหน้าที่เสมือนสปริงที่ดูดซับพลังงานขณะกล้ามเนื้อถูกยืดออกและปลดปล่อยพลังงานเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวในทันที ซึ่งทำให้พลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยความแข็งตัวของกล้ามเนื้อสามารถวัดจากความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Leg stiffness) ในกีฬาฟุตบอลความคล่องแคล่วว่องไวนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากโดยความคล่องแคล่วว่องไวเป็นความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าแล้วเปลี่ยนแปลงทิศทางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความคล่องแคล่วว่องไวคือความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) จาก

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงทั้งแบบเอกเซนตริกและคอนเซนตริก สามารถเพิ่มความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ สามารถเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และมีการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ ส่วนการฝึกแบบพลัยโอเมตริกจากงารวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรง, สามารถพัฒนาความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ, สามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและสามารถประยุกต์ให้มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติทักษะกีฬาได้ และพบว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบสามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อได้ ดังนั้นเมื่อมีการฝึกร่วมกันของการฝึกแบบเอกเซนตริกและแบบพลัยโอเมตริกในรูปของการฝึกเชิงซ้อน น่าจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถนะทางกีฬาที่ดีในกีฬาฟุตบอล



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชาย ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบของการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

เป็นนักฟุตบอลชายระดับมหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18- 22 ปี

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

เป็นนักฟุตบอลชายจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ มีอายุระหว่าง 18- 22 ปี ได้มาจากการสุ่มเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 1.17 ระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ .05 และอำนาจการทดสอบ (1-β) เท่ากับ 0.80 ด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.2 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 13 คน เพื่อป้องกันการถอนตัวออกจากการวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกกลุ่มละ 2 คน ดังนั้นจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มด้วยวิธีจับคู่ (Matched pair) จากความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน ในระหว่างการทดลองมีผู้เข้าร่วมการวิจัยขอถอนตัวจากการวิจัยจำนวน 5 คน เนื่องจากมีอาการบาดเจ็บจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบและ/หรือเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นจึงเหลือจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 25 คน ประกอบด้วยกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 13 คน กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 12 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี

2. มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนมากกว่าหรือเท่ากับ 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

3. เคยเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลระดับชาติมาแล้วไม่น้อยกว่า 2 ปี

4.ไม่มีการบาดเจ็บ ที่บริเวณกล้ามเนื้อ เอ็น หรือกระดูก อย่างน้อย 2 เดือน ก่อนเข้าร่วมวิจัย

5.มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในใบยินยอม

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัย เช่น ป่วย บาดเจ็บจากการวิจัยหรือสาเหตุอื่น ที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกซ้อม

2. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่าร้อยละ 80 (เข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 9 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง)

วิธีการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะติดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาประจำชมรมฟุตบอลและ/หรือผู้ฝึกสอนฟุตบอลประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เพื่ออธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอความอนุเคราะห์อนุญาตให้นักฟุตบอลภายใต้การดูแลของอาจารย์ที่ปรึกษาประจำชมรมฟุตบอลและ/หรือผู้ฝึกสอนสามารถสมัครเข้าร่วมการวิจัยได้ โดยผู้วิจัยจะส่งหนังสือถึงอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และมหาวิทยาลัยศิลปากรเพื่อขอความอนุเคราะห์อนุญาตให้นิสิต/นักศึกษา ที่เป็นนักกีฬาฟุตบอลสามารถข้าร่วมการวิจัยนี้ได้ และส่งหนังสือขอใช้สถานที่ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม จากนั้นผู้วิจัยจะติดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาประจำชมรมฟุตบอลและ/หรือผู้ฝึกสอนฟุตบอลประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ เพื่อขออนุญาตเข้าประชาสัมพันธ์เชิญชวนผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยตนเองด้วยวาจาและให้ผู้ที่สนใจลงชื่อสมัครเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นจะนัดวันและสถานที่ โดยใช้ห้องศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐมเพื่อประเมิน คัดกรองผู้สมัครเข้ารวมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยจะต้องลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกให้พร้อมแนะนำวิธีการสร้างความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ทราบว่าต้องปฏิบัติสิ่งใดบ้าง ผู้เข้าร่วมวิจัยจะรับทราบสิทธิ์ของตนเองจากการชี้แจงโดยตรงจากผู้วิจัยและจากหนังสือข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยเมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความสมัครใจในการเข้าร่วม จะต้องมีการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องไม่ถูกบังคับหรือได้รับรางวัลพิเศษจากการเข้าร่วมการวิจัย ในระหว่างทำการวิจัย หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สมัครใจที่จะเข้าร่วมการวิจัยต่อไป ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถออกจากการวิจัยได้ตามประสงค์โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลให้ผู้วิจัยทราบ ระหว่างการวิจัยผู้วิจัยและผู้ช่วยผู้วิจัยจะพิทักษ์สวัสดิภาพทางร่างกายและจิตใจของผู้เข้าร่วมการวิจัย ป้องกันความเสี่ยงต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้น ในกรณีที่เกิดการบาดเจ็บจากการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและนำส่งโรงพยาบาลต่อไป โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด นอกจากนี้ข้อมูลของผู้วิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับและจะถูกทำลายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ ขณะทำการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคนจะได้รับเครื่องดื่มเกลือแร่ น้ำดื่มและอาหารว่าง และจะได้รับการชดเชยค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าเสียเวลาด้วย

ผู้ช่วยผู้วิจัย

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะคัดเลือกผู้ช่วยวิจัยจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ผ่านการอบรมวิธีการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่ ความแข็งแรง, ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา, ความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง, พลัง, ความเร็ว, ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว และหลักปฏิบัติและข้อควรระวังในการทำกิจกรรมต่างๆที่ผู้เข้าร่วมต้องปฏิบัติ ได้แก่ การฝึกปฏิบัติในท่าแบคสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน การฝึกตามโปรแกรมการทดลอง การทดสอบก่อนฝึกและหลังการฝึก ตลอดจนการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีหน้าที่ ช่วยผู้วิจัยในการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัย ช่วยผู้วิจัยในการทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึก ดูแลความปลอดภัยให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย และช่วยอำนวยความสะดวกในการวิจัย

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยจะทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่แต่ละกลุ่มเท่าๆกัน มีการทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูลไว้สำหรับเปรียบเทียบผลจากการฝึก

O1	X1	O2
O3	X2	O4

O1 หมายถึง การทดสอบก่อนการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

O2 หมายถึง การทดสอบหลังการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

O3 หมายถึง การทดสอบก่อนการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

O4 หมายถึง การทดสอบหลังการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

X1 หมายถึง การฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

X2 หมายถึง การฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการฝึก
   - เครื่องออกกำลังกายแบบแรงต้านสมิธแมชชีน (Smith machine) พร้อมแผ่นน้ำหนัก
   - มาร์คเกอร์ฟุตบอล
   - นาฬิกาจับเวลา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
   2.1 เครื่อง Isokinetic machine ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX ประเทศสวีเดน ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะหดตัวแบบเอกเซนตริกและคอนเซนตริก
   2.2 เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ยี่ห้อ Bertec พร้อมโปรแกรม Bertec digital acquire 4 เวอร์ชัน 4.0.11 ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ในการทดสอบดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength) ด้วยวิธีดรอปจั๊มพ์ และทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา
   2.3 เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ยี่ห้อ Fitness Technology รุ่น 400s ประเทศออสเตรเลีย ใช้ในการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาด้วยการทดสอบเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์
   2.4 สเต็ปบ็อกซ์ที่ปรับความสูงไว้ที่ 40 เซนติเมตร ใช้ในการทดสอบดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Reactive strength index) ด้วยวิธีดรอปจั๊มพ์ ควบคู่กับเครื่องตรวจรับแรงกระแทก ยี่ห้อ Bertec

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 เครื่องเคาะจังหวะ (Metronome) ใช้ในการทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาควบคู่กับเครื่องตรวจรับแรงกระแทก ยี่ห้อ Bertec

2.6 อุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate รุ่น SW200 ประเทศออสเตรเลีย ใช้ในการทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 และ 20 เมตร ,ทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว

2.7 แบบทดสอบ 505 change of direction test ใช้ในการทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง ควบคู่กับอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate

2.8 แบบทดสอบ Illinois agility test ใช้ในการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ควบคู่กับอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate

3. โปรแกรมการฝึก

การสร้างโปรแกรมการฝึก มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาโปรแกรมการฝึกจากหลักทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมการฝึกที่ได้สร้างไว้ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโปรแกรม โดยวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบฝึก (Item Objective Congruence; IOC)

1.3 นำโปรแกรมการฝึกที่ผ่านการพิจารณาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย

1.4 ประชาสัมพันธ์รับสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยและคัดเลือกเพื่อเข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1.5 นำโปรแกรมการฝึกไปใช้ในการวิจัย ดังนี้

โปรแกรมการฝึกจะใช้ระยะเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่

ช่วงที่ 1 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย ทำการฝึกปฏิบัติในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน เพื่อให้เกิดความคุ้นเคย ทราบหลักปฏิบัติในการฝึกและข้อควรระวัง โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยผู้วิจัยจะเป็นผู้สอน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ คือวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง เริ่มฝึกเวลา 16.00 น.

ช่วงที่ 2 ทำการฝึกตามโปรแกรมการทดลอง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน โดยกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกจะทำการฝึกในวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง เริ่มฝึกเวลา 16.00 น. กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป จะทำการฝึกในวันอังคารและวันศุกร์ ใช้เวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง เริ่มฝึกเวลา 16.00 น. ทั้งสองกลุ่มทำการฝึกที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกอื่นๆ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก และกลุ่มที่ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป โดยทั้งสองกลุ่มจะฝึกในท่าสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนและควบคุมปริมาณการฝึก (Training volume) ให้เท่ากัน โดยคำนวณจากสูตรของ (Rhea et al., 2003) ซึ่งปริมาณการฝึก เท่ากับ ความหนัก x จำนวนครั้ง x จำนวนชุด (ดังภาพที่ 11)

การแต่งกายในการฝึกจะเป็นเสื้อและกางเกงฟุตบอล รองเท้าผ้าใบสำหรับฝึกกีฬาโดยต้องสวมถุงเท้าเสมอ ก่อนการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสองกลุ่มจะต้องทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึก (ภาคผนวก ก.)

กลุ่มที่ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ทำการฝึกดังนี้ (ภาคผนวก ข.)

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนัก 120% ของ 1RM โดยออกแรงต้านขณะที่กล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกเท่านั้น จนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นผู้ช่วยทั้ง 2 คนจะทำการยกบาร์เบลขึ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงต้านอีกครั้ง ปฏิบัติโดยออกแรงต้านจนครบ 4 ครั้ง เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพัก (Passive rest) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

กลุ่มที่ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ทำการฝึกดังนี้ (ภาคผนวก ค.)

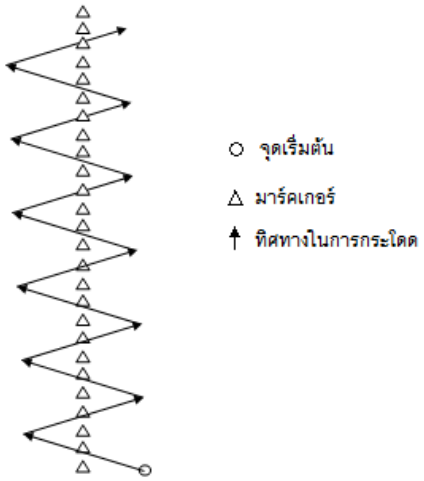
ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 80% ของ 1RM โดยออกแรงต้านขณะที่กล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซนตริกจนกระทั่งเข่าทำมุม 90 องศา จากนั้นยกบาร์เบลขึ้นจนลำตัวตั้งตรง โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยกให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้จนครบ 6 ครั้ง เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพัก (Passive rest) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

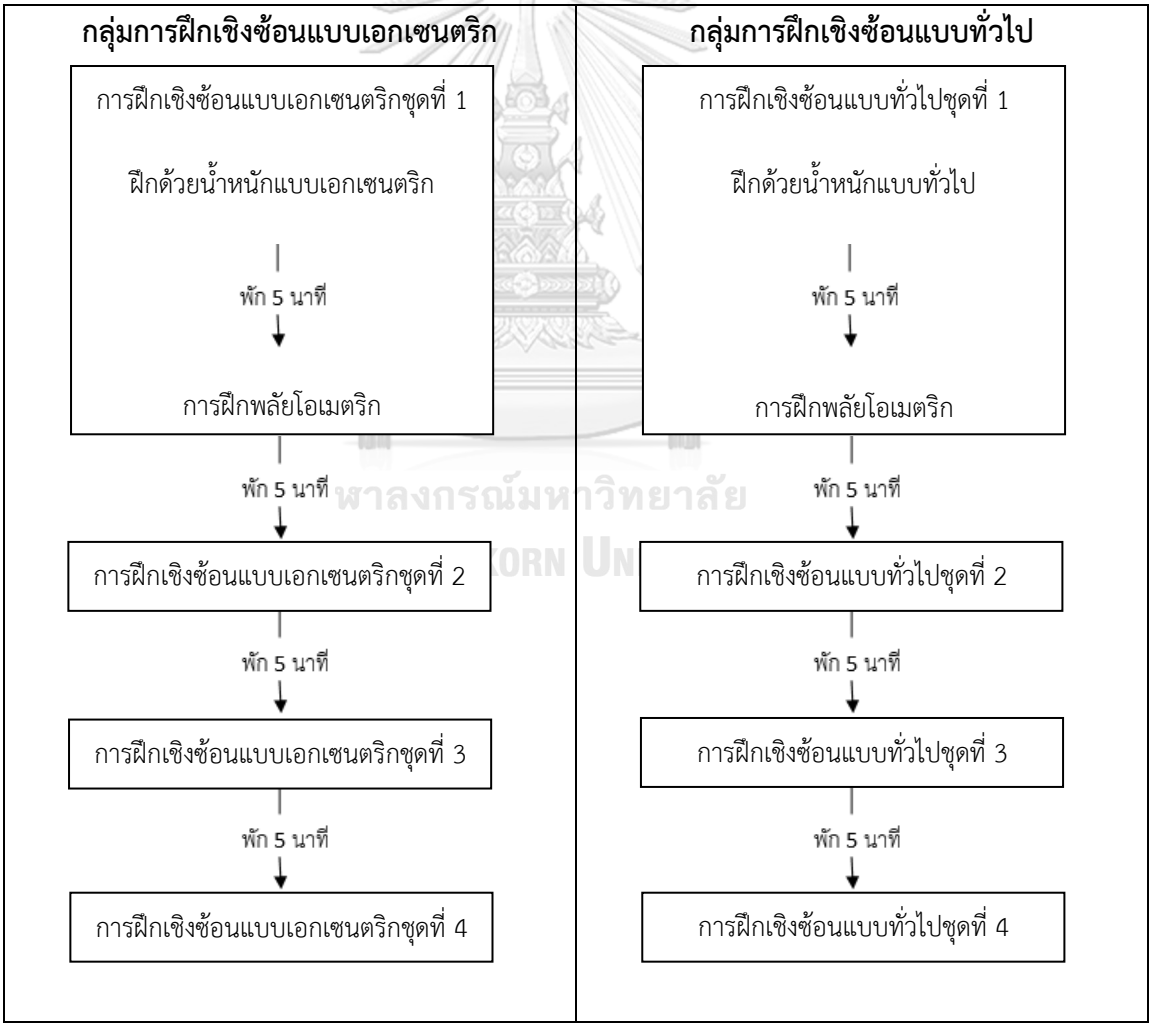
การฝึกพลัยโอเมตริก

การฝึกพลัยโอเมตริกในโปรแกรมการฝึกของทั้ง 2 กลุ่มจะปฏิบัติเหมือนกัน โดยใช้ท่ากระโดดทแยงแบบสลับขา ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกนี้จะเป็นการฝึกหลังจากการฝึกด้วยแรงต้านที่เฉพาะในแต่ละกลุ่ม โดยมีวิธีปฏิบัติดังนี้ (Collins, 2008) (ภาคผนวก ง.)

ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการกระโดดทแยงสลับฟันปลาโดยลำตัวแนวตรงไปทางด้านหน้า โดยเริ่มต้นจากการใช้ขาขวาในการกระโดดไปทางซ้าย (ข้ามมาร์คเกอร์ที่วางไว้) และลงสู่พื้นด้วยขาซ้าย โดยห้ามขาขวาสัมผัสพื้นและกระโดดด้วยขาซ้ายไปทางขวา และลงสู่พื้นด้วยขาขวาโดยห้ามขาซ้ายสัมผัสพื้น (ดังภาพที่ 10) ทำการกระโดดเป็นจำนวน 12 ครั้ง แต่ละครั้งให้กระโดดด้วยความพยายามสูงสุดในทั้งความเร็วและความแรงในการกระโดด เมื่อปฏิบัติครบแล้วให้พักเป็นเวลา 5 นาที (Passive rest) เมื่อครบแล้วให้ทำการฝึกแรงต้านตามโปรแกรมของกลุ่มตนเองในการฝึกเชิงซ้อนชุดต่อไป ปฏิบัติจนครบ 4 ชุดการฝึกเชิงซ้อนจึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกในครั้งนั้น



ภาพที่ 10 แสดงรูปแบบการกระโดดทแยงแบบสลับขา



ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนในการฝึกของแต่ละกลุ่ม

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนดังนี้

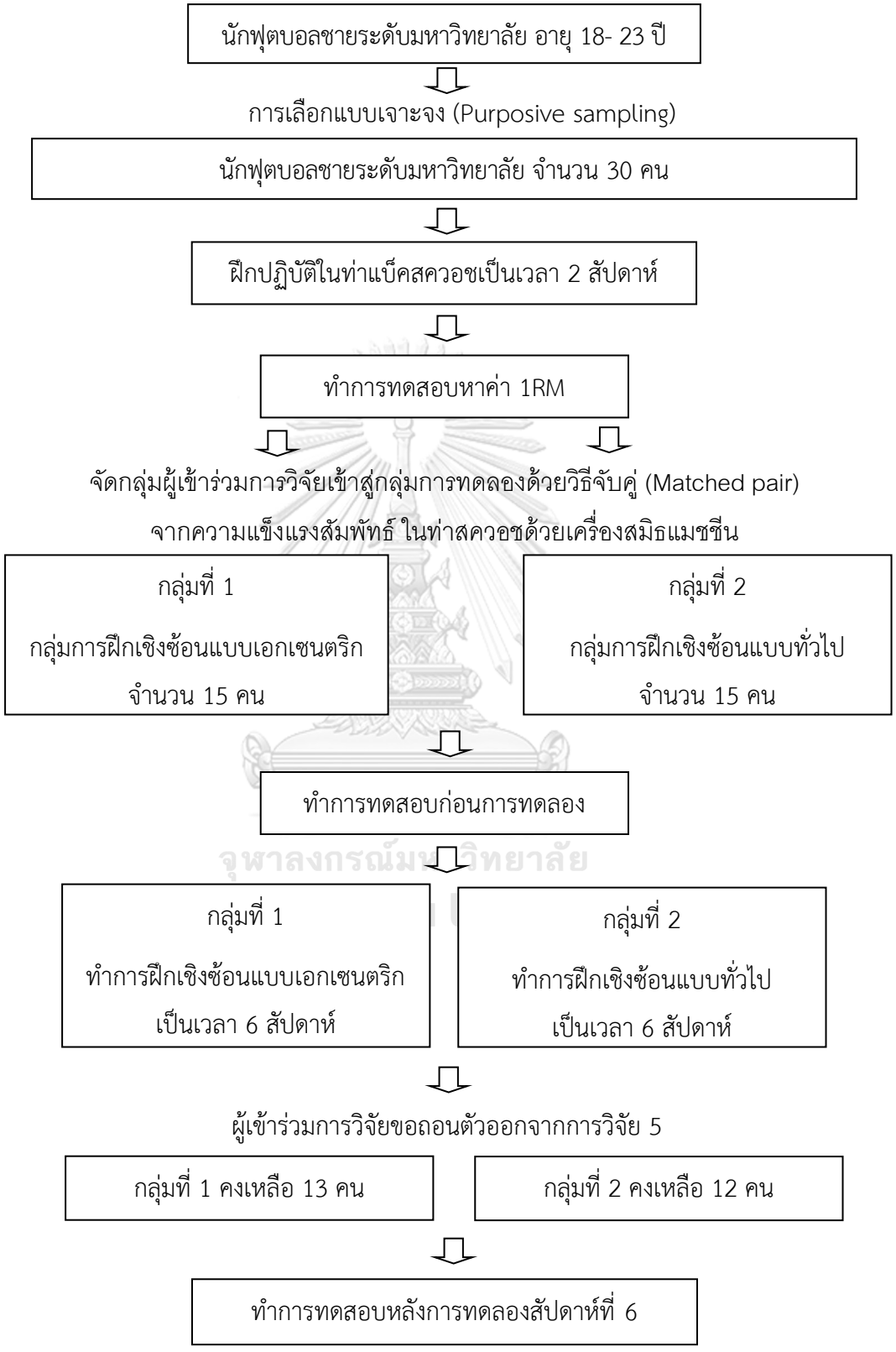
1. ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้า จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องของสมรถภาพกล้ามเนื้อ กีฬาฟุตบอล, การฝึกแบบเอกเซนตริก, การฝึกแบบเชิงซ้อน
2. ทำการสร้างโปรแกรมฝึกให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาความถูกต้องเรียบร้อย
3. นำโปรแกรมให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโปรแกรม โดยวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบฝึก (Item Objective Congruence; IOC)
4. ส่งโครงการวิจัยเพื่อพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในคน
5. ทำหนังสือขออนุญาตใช้อุปกรณ์และสถานที่ต่อผู้อำนวยการโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม และทำหนังสือถึงอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และมหาวิทยาลัยศิลปากรเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้อนุญาตให้นิสิต/นักศึกษา ที่เป็นนักกีฬาฟุตบอลสามารถข้าร่วมการวิจัยได้
6. นำโปรแกรมการฝึกเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนการนำไปใช้
7. ผู้วิจัยเชิญชวนผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยวาจา โดยอธิบายถึงรายละเอียดของกระบวนการวิจัย โปรแกรมการฝึก ข้อดี และความเสี่ยงที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีโอกาสที่จะได้รับ และผู้วิจัยชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับสิทธิ์ของผู้เข้าร่วมการวิจัย จนผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความเข้าใจที่ชัดเจน
8. ผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในข้อ 1, 3, 4 และ5
9. ให้ผู้ที่ยินดีเข้าร่วมการวิจัยลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
10. ทำการสอนและให้ฝึกปฏิบัติในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนรวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับข้อควรระวังให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยดำเนินการเป็นเวลา 2 สัปดาห์ แก่ผู้สมัครเข้าร่วมการวิจัย
11. ทดสอบหาค่า 1RM ในท่าสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน
12. ผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในข้อ 2
13. ผู้วิจัยได้จำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยครบถ้วนตามที่ต้องการ
14. ทำการแบ่งเข้าสู่กลุ่มด้วยวิธีจับคู่แบบทีละคู่ จากความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน โดยแต่ละกลุ่มจะมีสมาชิกเท่ากัน

Chulalongkorn University

15. ทำหนังสือขออนุญาตใช้และจองเครื่องมือการทดสอบของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้ทดสอบเก็บข้อมูลการวิจัย
16. ทดสอบก่อนการทดลอง (ภาคผนวก ฉ.) ได้แก่ การวัดส่วนสูงและน้ำหนัก, การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่องไอโซคิเนติก, การทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขาด้วยการกระโดดเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์ จั้มพ์, การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร, ทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยแบบทดสอบ 505, ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบอิลินอยส์, การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบปฏิกิริยาตอบสนอง และทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา โดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 วัน วันละ 2 ชั่วโมง
17. ทำการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยโปรแกรมการฝึก เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดย
    กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก
    กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป
18. ทดสอบหลังการทดลองเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการทดลอง (ภาคผนวก ฉ.)
19. วิเคราะห์ผล สรุปผลการวิจัย เสนอแนะข้อคิดเห็นที่ได้จากการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัยในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย



การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
2. ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วย Kolmogorov-Smirnov normality test
3. กำหนดระดับความมีนับสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพกล้ามเนื้อ ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวภายในกลุ่ม ก่อนและหลังการทดลองโดยใช้สถิติ Dependent sample t-test
5. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพกล้ามเนื้อความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกกับกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปโดยใช้สถิติ Independent sample t-test
6. หาร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percentage change)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลโดยได้เก็บข้อมูลก่อนการทดลองและหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ จาก แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS แล้วนำผลการวิเคราะห์มานำเสนอในรูปของตารางข้อมูลประกอบความเรียง ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไวภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน ระหว่างกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อายุ (ปี)	19.08	1.61	18.83	1.40	-.402	0.69
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.73	6.37	63.56	10.71	.237	0.81
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	172.21	3.22	169.43	4.99	-1.67	0.11
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน (กิโลกรัม/น้ำหนักตัว)	1.97	0.23	2.01	0.31	.368	0.72

จากตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.08 ± 1.61 ปี น้ำหนักเท่ากับ 62.73 ± 6.37 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 172.2 ± 3.22 เซนติเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนเท่ากับ 1.97 ± 0.23 กิโลกรัม/น้ำหนักตัว ในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 18.83 ± 1.40 ปี น้ำหนักเท่ากับ 63.56 ± 10.71 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 169.43 ± 4.99 เซนติเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนเท่ากับ 2.01 ± 0.31 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนก่อนการทดลอง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก				p	การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป				P
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
อายุ (ปี)	19.08	1.61	19.08	1.61	1.00	18.83	1.4	18.83	1.4	1.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.73	6.37	63.92	6.47	0.00*	63.56	10.71	65.04	10.84	0.02*
ส่วนสูง(เซนติเมตร)	172.21	3.22	172.22	3.24	0.165	169.43	4.99	169.45	5.0	0.191

*p <0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยอายุ 19.08 ปี น้ำหนัก 62.73 กิโลกรัม ส่วนสูง 172.21 เซนติเมตร กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอายุ 18.83 ปี น้ำหนัก 63.56 กิโลกรัม ส่วนสูง 169.43 เซนติเมตร หลังการทดลอง 6 สัปดาห์พบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ย น้ำหนัก 63.92 กิโลกรัม ขณะที่ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ย น้ำหนัก 65.04 กิโลกรัม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไวภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริก และแบบคอนเซนตริก ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=13)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	244.60	38.15	300.65	32.37	24.01	-10.87	0.00*	3.00
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.95	0.74	4.75	0.83	21.71	-8.44	0.00*	2.31
ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	199.99	14.22	215.39	23.48	7.91	-2.56	0.02*	0.71
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.22	0.33	3.40	0.51	5.93	-1.75	0.10	0.47

*p<0.05

จากตารางที่ 5 พบว่าก่อนการทดลองกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 244.60 ± 38.15 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.95 ± 0.74 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 199.99 ± 14.22 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.22 ± 0.33 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ย 300.65 ± 32.37 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 24%) ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 4.75 ± 0.83 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 21.70%) ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 215.39 ± 23.48 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 7.90%) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.40 ± 0.51 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 5.90%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=13)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
พลังของกล้ามเนื้อขา (วัตต์)	3392.15	233.6	3474.85	223.89	2.49	-3.74	0.00*	1.04
พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	54.32	3.8	54.6	3.42	0.59	-.62	0.54	0.17
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เมตรต่อวินาที)	0.85	0.27	0.88	0.19	6.24	-.79	0.38	0.28
ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (นิวตันต่อเมตร)	37.02	5.81	39.49	5.60	7.47	-2.47	0.03*	0.68

*p<0.05

จากตารางที่ 6 พบว่าก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก มีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3392.15 ± 233.60 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 54.32 ± 3.80 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.85 ± 0.27 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 37.02 ± 5.81 นิวตันต่อเมตร หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3474.85 ± 223.89 วัตต์ (เพิ่มขึ้น 2.5%) พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 54.60 ± 3.42 วัตต์ต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 0.6%) ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.88 ± 0.19 เมตรต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 6.2%) และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 39.49 ± 5.60 นิวตันต่อเมตร (เพิ่มขึ้น 7.5%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าพลังกล้ามเนื้อขาและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์และดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=13)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร (วินาที)	1.76	0.06	1.74	0.05	-0.96	.89	0.39	0.27
เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร (วินาที)	3.1	0.09	3.06	0.07	-1.25	1.63	0.13	0.46
ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	2.57	0.12	2.59	0.1	0.68	-.49	0.63	0.19
ความคล่องแคล่วว่องไว อิลินอยส์ (วินาที)	17.6	0.64	17.16	0.33	-2.42	2.52	0.02*	0.70

*p<0.05

จากตารางที่ 7 พบว่าก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.76 ± 0.06 วินาที เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.10 ± 0.09 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.57 ± 0.12 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 17.60 ± 0.64 วินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.74 ± 0.05 วินาที (ลดลง -1%) เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.06 ± 0.07 วินาที (ลดลง -1.3%) ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.59 ± 0.10 วินาที (เพิ่มขึ้น 0.7%) และความคล่องแคล่วว่องไว 17.16 ± 0.33 วินาที (ลดลง -2.4%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร และความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=12)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.				
ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	242.93	46.99	251.96	49.68	4.17	-1.21	0.25	0.35
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.85	0.61	3.89	0.62	1.89	-.34	0.74	0.09
ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	198.09	36.63	211.33	35.47	7.41	-2.33	0.04*	0.67
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.14	0.53	3.29	0.56	4.98	-1.32	0.21	0.38

*p<0.05

จากตารางที่ 8 พบว่าก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 242.93 ± 46.99 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.85 ± 0.61 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 198.09 ± 36.63 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.14 ± 0.53 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 251.96 ± 49.68 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 4.20%) ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.89 ± 0.62 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 1.90%) ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 211.33 ± 35.47 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 7.40%) ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.29 ± 0.56 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 5%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=12)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.				
พลังของกล้ามเนื้อขา (วัตต์)	3635.00	697.52	3635.08	460.39	0.69	-.00	0.99	0.00
พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	57.36	4.17	56.37	5.08	-1.66	.934	0.37	0.27
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เมตรต่อวินาที)	0.723	0.149	0.794	0.168	11.47	-1.622	0.13	0.47
ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (นิวตันต่อเมตร)	38.91	7.52	40.56	8.1	4.73	-1.32	0.21	0.38

จากตารางที่ 9 พบว่าก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3635.00 ± 697.52 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 57.36 ± 4.17 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.72 ± 0.15 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 38.91 ± 7.52 นิวตันต่อเมตร หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3635.08 ± 460.39 วัตต์ (เพิ่มขึ้น 0.7%) พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 56.37 ± 5.08 วัตต์ต่อกิโลกรัม (เพิ่มขึ้น -1.7%) ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.79 ± 0.17 เมตรต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 11.5%) และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 40.56 ± 8.10 นิวตันต่อเมตร (เพิ่มขึ้น 4.7%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อขา พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	(n=12) ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P	d
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร (วินาที)	1.75	0.06	1.73	0.08	-1.31	1.08	0.3	0.27
เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร (วินาที)	3.08	0.12	3.02	0.14	-1.63	1.60	0.14	0.55
ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	2.43	0.13	2.50	0.16	3.03	-2.45	0.03*	0.68
ความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ (วินาที)	17.19	1.13	16.94	0.80	-1.34	1.69	0.12	0.48

*p<0.05

จากตารางที่ 10 พบว่าก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.75 ± 0.06 วินาที เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.08 ± 0.12 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.43 ± 0.13 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 17.19 ± 1.13 วินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.73 ± 0.08 วินาที (ลดลง -1.3%) เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.02 ± 0.14 วินาที (ลดลง -1.6%) ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.50 ± 0.16 วินาที (เพิ่มขึ้น 3%) และความคล่องแคล่วว่องไว 16.94 ± 0.80 วินาที (ลดลง -1.3%) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไวระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	244.60	38.15	242.93	46.99	-.098	0.92
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.95	0.74	3.85	0.61	-.354	0.72
ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตร)	199.99	14.22	198.09	36.63	-.170	0.87
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.22	0.33	3.14	0.53	-.420	0.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 11 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 244.60 ± 38.15 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.95 ± 0.74 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 199.99 ± 14.22 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.22 ± 0.33 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 242.93 ± 46.99 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.85 ± 0.61 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 198.09 ± 36.63 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.14 ± 0.53 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริกความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังของกล้ามเนื้อขา (วัตต์)	3392.15	233.60	3635.00	697.52	1.29	0.19
พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	54.32	3.80	57.36	4.17	1.90	0.07
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เมตรต่อวินาที)	0.85	0.27	0.72	0.15	-1.50	0.15
ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (นิวตันต่อเมตร)	37.02	5.81	38.91	7.52	.708	0.49

จากตารางที่ 12 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3392.15 ± 233.60 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 54.32 ± 3.80 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.85 ± 0.27 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 37.02 ± 5.81 นิวตันต่อเมตร กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3635.00 ± 697.52 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 57.36 ± 4.17 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.72 ± 0.15 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 38.91 ± 7.52 นิวตันต่อเมตร ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อขา พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา พบว่าก่อนการทดลองทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร (วินาที)	1.76	0.06	1.75	0.06	-.65	0.52
เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร (วินาที)	3.10	0.09	3.08	0.12	-.54	0.59
ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	2.57	0.12	2.43	0.13	-2.82	0.01*
ความคล่องแคล่วว่องไว อิลินอยส์ (วินาที)	17.60	0.64	17.19	1.13	-1.10	0.29

*p<0.05

จากตารางที่ 13 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.76 ± 0.06 วินาที เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.10 ± 0.09 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.57 ± 0.12 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 17.60 ± 0.64 วินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.75 ± 0.06 วินาทีเวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.08 ± 0.12 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.43 ± 0.13 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 17.19 ± 1.13 วินาที ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่าก่อนการทดลอง พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาความเร็วในการวิ่ง 10 เมตรและ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่ววองไวระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแบบเอกเซนตริกและแบบคอนเซนตริก ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P	d
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตร)	300.65	32.37	251.96	49.68	-2.93	0.00*	1.16
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	4.75	0.83	3.89	0.62	-2.93	0.00*	1.17
ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก(นิวตันเมตร)	215.39	23.48	211.33	35.47	-.34	0.73	0.13
ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก (นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม)	3.40	0.51	3.29	0.56	-.51	0.61	0.20

*p<0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 14 พบว่าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 300.65 ± 32.37 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 4.75 ± 0.83 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 215.39 ± 23.48 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.40 ± 0.51 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก 251.96 ± 49.68 นิวตันเมตร ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก 3.89 ± 0.62 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก 211.33 ± 35.47 นิวตันเมตร และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก 3.29 ± 0.56 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ 0.05 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก และค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองและความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P	d
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
พลังของกล้ามเนื้อขา (วัตต์)	3474.85	223.89	3635.08	460.39	1.09	0.27	0.44
พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ (วัตต์ต่อกิโลกรัม)	54.60	3.42	56.37	5.08	1.03	0.31	0.41
ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (เมตรต่อวินาที)	0.88	0.19	0.79	0.17	-1.17	0.25	0.50
ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (นิวตันต่อเมตร)	39.49	5.60	40.56	8.10	.39	0.70	0.15

จากตารางที่ 15 พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3474.85 ± 223.89 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 54.60 ± 3.42 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.88 ± 0.19 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 39.49 ± 5.60 นิวตันต่อเมตร กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยพลังของกล้ามเนื้อขา 3635.08 ± 460.39 วัตต์ พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ 56.37 ± 5.08 วัตต์ต่อกิโลกรัม ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง 0.79 ± 0.17 เมตรต่อวินาที และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา 40.56 ± 8.10 นิวตันต่อเมตร ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อขา พลังของกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา พบว่าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของเวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (n=13)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=12)		t	P	d
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
เวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร (วินาที)	1.74	0.05	1.73	0.08	-.71	0.48	0.15
เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร (วินาที)	3.06	0.07	3.02	0.14	-.76	0.45	0.36
ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)	2.59	0.10	2.50	0.16	-1.49	0.15	0.67
ความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ (วินาที)	17.16	0.33	16.94	0.80	-.86	0.41	0.36

จากตารางที่ 16 พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.74 ± 0.05 วินาที เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.06 ± 0.07 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.59 ± 0.10 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 17.16 ± 0.33 วินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร 1.73 ± 0.08 วินาที เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร 3.02 ± 0.14 วินาที ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง 2.50 ± 0.16 วินาที และความคล่องแคล่วว่องไว 16.94 ± 0.80 วินาที ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในการวิ่งที่ 10 เมตร เวลาในการวิ่งที่ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง และความคล่องแคล่วว่องไว หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลซึ่งได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, พลังของกล้ามเนื้อ, ความเร็วในการวิ่ง, ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง, ความคล่องแคล่วว่องไว, ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี จำนวน 25 คนได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องมีประสบการณ์ในการแข่งขันในระดับประเทศมาแล้วไม่น้อยกว่า 2 ปี มีความแข็งแรง สามารถยกน้ำหนักในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว และมีสุขภาพดีไม่มีอาการบาดเจ็บรบกวน สามารถทำการฝึกซ้อมได้ตามปกติ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการฝึกด้วยแรงต้านก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 13 คน และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 12 คน ด้วยวิธีการจับคู่โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกทำการฝึกเชิงซ้อนโดยออกแรงต้านในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 120% ของ 1RM (ไม่ต้องยกขึ้น) จนเข่าทำมุม 90 องศา จำนวน 4 ครั้ง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ทำการฝึกเชิงซ้อนท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 80% ของ 1RM จำนวน 6 ครั้ง โดยทั้งสองกลุ่มทำสลับกับการฝึกพลัยโอเมตริก (เซตต่อเซต) จำนวน 4 ชุด โดยมีการพักระหว่างเซต 5 นาที ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา พลังของกล้ามเนื้อขา ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ความเร็ว ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที (Independent t-test) จากนั้นเปรียบเทียบภายในกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Dependent t-test) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า

1. ก่อนการทดลองกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่อย่างไรก็ตามหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขา ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ เวลาในการวิ่ง 10 เมตร เวลาในการวิ่ง 20 เมตร และดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองมีแนวโน้มพัฒนาขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง ที่มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงแบบคอนเซนตริกเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขา เวลาในการวิ่ง 10 เมตร เวลาในการวิ่ง 20 เมตร ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าพลังกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. เมื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆระหว่างทั้งสองกลุ่มพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และ ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้พบว่า ความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก พลังกล้ามเนื้อขา พลังกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาและความคล่องแคล่วว่องไว มีการพัฒนา (%การเปลี่ยนแปลง) มากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ยกเว้นเวลาในการวิ่ง และดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ที่มีการพัฒนาน้อยกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกลดลงน้อยกว่า (0.7 กับ 3%) กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกและการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาและความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก มีการพัฒนาของความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก (24.0% กับ 4.2%) และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (21.7% กับ 1.9%) เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะเดียวกันความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก (7.9% กับ 7.4%) ความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบคอนเซนตริก (5.9% กับ 5.0%) พลังกล้ามเนื้อขา (2.5% กับ 0.7%) พลังกล้ามเนื้อขาสัมพัทธ์ (0.6% กับ -1.7%) ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (7.5% กับ 4.7%) และความคล่องแคล่วว่องไว (-2.4% กับ -1.3%) ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปในนักกีฬาฟุตบอล หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ซึ่งผลของการทดลองนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกสามารถพัฒนาสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ยกเว้นความเร็วในการวิ่ง ที่พบว่าเวลาในการวิ่งที่ 10 และ 20 เมตร ในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีแนวโน้มพัฒนามากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (-0.96% กับ -1.31%,-1.25% กับ,-1.63%) โดยความเร็วในการวิ่ง จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับกีฬาฟุตบอล ซึ่งความเร็วในการวิ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ทักษะในการวิ่ง และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ เป็นต้น จากการวิจัยนี้พบว่าทั้งสองกลุ่มมีความเร็วในการวิ่งเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ารูปแบบการฝึกเชิงซ้อนของทั้งกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปไม่มีความสัมพันธ์กับทักษะในการวิ่ง และระยะเวลาในการฝึกซ้อมอาจไม่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามทั้งสองกลุ่มก็มีแนวโน้มในการพัฒนาที่มากขึ้นหลังจากการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งอาจเกิดจากความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกและ/หรือความแข็งแรงแบบคอนเซนตริกที่เพิ่มขึ้น ที่อาจเป็นปัจจัยสนับสนุนให้ความเร็วในการวิ่งเพิ่มมากขึ้น ตามการศึกษาของ Comfort et al. (2014) ที่พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเร็วในการวิ่งและความสามารถในการกระโดด นอกจากนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น พลังของกล้ามเนื้อ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อ รวมทั้งดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทั้งสองกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่พบว่าดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก (6.24% กับ 11.47%) ในขณะเดียวกันก็พบว่าความเร็วในการวิ่งของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีแนวโน้มพัฒนามากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อน

แบบเอกเซนตริก จึงอาจเป็นไปได้ว่าความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเร็วในการวิ่ง สอดคล้องกับ Whyte (2006) ทได้กล่าวว่าความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความเร็วในการวิ่ง

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (24.01% กับ 4.17%) และความแข็งแรงสัมพัทธ์แบบเอกเซนตริก (21.71% กับ 1.89%) ที่มีการพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจนและแตกต่างจากกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความแข็งแรงแบบคอนเซนตริกที่มีแนวโน้มในการพัฒนามากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (7.91% กับ 7.41%) ภายหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีการพัฒนาอย่างชัดเจนในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกอาจเกิดจากรูปแบบการฝึกแบบเอกเซนตริกของการวิจัยในครั้งนี้ ที่เป็นการฝึกที่ความหนักสูงโดยกล้ามเนื้อต้องออกแรงสูงสุด (>1RM) ในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบยืดออก ส่งผลให้เกิดความเสียหายในระดับเซลล์ของกล้ามเนื้อลายมากกว่า จึงเกิดการสังเคราะห์โปรตีนสูงโดยเพิ่มขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy) ที่มากกว่า (Schoenfeld, 2010) และมีความสอดคล้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกซึ่งส่งผลต่อรูปแบบการระดมหน่วยยนต์ที่มีความจำเพาะ จึงทำให้ความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน นอกจากนี้การฝึกแบบเอกเซนตริกก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก อาจเพิ่มความเครียดต่อหน่วยยนต์และความตื่นตัวของหน่วยยนต์ให้สูงขึ้น (Dartnall et al., 2009; Vogt and Hoppeler, 2014) ซึ่งจะกระตุ้นให้คุณสมบัติโพสต์แอคทิเวชั่น-โพเทนทีเอชั่นเพิ่มขึ้น เมื่อมีการฝึกร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริกในรูปแบบของการฝึกเชิงซ้อน ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในขณะฝึกพลัยโอเมตริกจึงทำให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาความแข็งแรงได้ดีขึ้น ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Schoenfeld (2010) ที่พบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริก เมื่อฝึกที่ความหนักสูง จะส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการปรับตัวโดยกระตุ้นการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ Friedmann-Bette et al. (2010) ยังพบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกยังกระตุ้นการปรับตัวของการระดมหน่วยยนต์ รวมถึงการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ด้วยเหตุนี้การฝึกกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกจึงสามารถพัฒนาทั้งความแข็งแรงแบบเอกเซนตริก และความแข็งแรงแบบคอนเซนตริก ได้มากกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบทั่วไป

ในส่วนของพลังกล้ามเนื้อ จากสมการของพลังกล้ามเนื้อซึ่งเท่ากับผลคูณของแรงหดตัวและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Power = Force x Velocity) ดังนั้นเมื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้พลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ซึ่งสอดคล้องกับ Roig et al. (2008) ที่พบว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกส่งผลให้พลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบ

เอกเซนตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปหลังการทดลอง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก 6 สัปดาห์อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างชัดเจน

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าโดยการวัดดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ซึ่งมีความจำเป็นในกิจกรรมแบบแรงระเบิดในหลายชนิดกีฬา และพบว่าดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ แต่ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม (11.5% กับ 6.2%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งช่วงเอกเซนตริกและตามมาด้วยช่วงคอนเซนตริกที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติด้วยความเร็วสูงสุดที่สามารถทำได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ในขณะที่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติโดยออกแรงต้านเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ออกแรงในช่วงคอนเซนตริก จึงส่งผลให้กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าของดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกภายหลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับความเร็วในการวิ่งของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก นอกจากนี้ภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (7.50% กับ 4.70%) ซึ่งอาจเป็นผลโดยตรงจากฝึกแบบเอกเซนตริก เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริกจะช่วยป้องกันไม่ให้ข้อต่อที่เคลื่อนไหวยืดตัวออกอย่างรวดเร็วเกินไป ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเบรกหรือชะลอในขณะลงสู่พื้นภายหลังจากการกระโดด โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Lindstedt et al., 2001 ที่กล่าวว่าการฝึกแบบเอกเซนตริกส่งผลให้เกิดความแข็งตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งความแข็งตัวของกล้ามเนื้อนี้ทำให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการดูดซับพลังงานมากขึ้นขณะทำงานแบบเอกเซนตริก (การทำงานเหมือนสปริงที่ยืดออก) หากกล้ามเนื้อมีการทำงานแบบคอนเซนตริกอย่างรวดเร็วพลังงานที่ถูกสะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาซึ่งเรียกว่าการหดตัวยืดหยุ่น (Elastic recoil) ในทางกลับกันหากไม่มีการทำงานแบบคอนเซนตริกอย่างรวดเร็ว (เกิน 1-3 วินาที) พลังงานที่สะสมไว้จะถูกปล่อยออกมาในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมี พลังกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้น รวมทั้งความเร็วในการวิ่งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Dalleau et al. (2004) ที่กล่าวว่าความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาสามารถช่วยพัฒนาความเร็วในการวิ่ง การประหยัดพลังงานขณะวิ่ง และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบแรงระเบิดได้

ความคล่องแคล่วว่องไว จัดเป็นสมรรถภาพที่มีความสำคัญอย่างมากในกีฬาฟุตบอลเนื่องจากกีฬาฟุตบอลต้องมีการพยายามช่วงชิงการครอบครองลูกเพื่อสร้างโอกาสในการทำประตูให้กับทีมหรือพยายามป้องกันไม่ให้คู่ต่อสู้ได้มีโอกาสครอบครองลูกเพื่อไม่ให้ฝ่ายของตนเสียประตู ดังนั้นตลอดเกมการแข่งขันจะมีการหลบหลีกคู่ต่อสู้หรือมีการเคลื่อนที่หาตำแหน่งเพื่อสร้างโอกาสในการได้รับลูกจากเพื่อนร่วมทีม และมีการพยายามป้องกันหรือพยายามแย่งการครอบครองลูกจากคู่ต่อสู้อยู่ตลอดระยะเวลาการแข่งขัน ซึ่งต้องอาศัยความคล่องแคล่วว่องไวสูง โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวโดยใช้แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ ซึ่งเป็นการวิ่งที่ประกอบด้วยการเปลี่ยนทิศทางหลายๆครั้ง ในระยะทางไม่น้อยกว่า 60 เมตร โดยใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 15 วินาที ด้วยเหตุนี้นักฟุตบอลที่มีพลังอดทน (Power endurance) ที่ดีจะสามารถปฏิบัติการทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการวิจัยนี้พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเท่านั้น (-2.42%) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (-1.34%) ทั้งนี้อาจเกิดจากความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นของทั้งสองกลุ่ม โดยเฉพาะในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีความแข็งแรงแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ตามที่ Hickson et al. (1988) ได้กล่าวว่า การฝึกความแข็งแรงสามารถช่วยพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแล้ว ความคล่องแคล่วว่องไวยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอีกด้วย (Reilly et al. (2000) อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้พบว่า ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางมีแนวโน้มลดลงในทั้งสองกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเกิดจากรูปแบบที่ใช้ในการฝึกพลัยโอเมตริก โดยการวิจัยนี้ใช้การกระโดดทิศทางด้านข้างลำตัว ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับรูปแบบการทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางแบบ 505 ที่มีการเบรกหรือชะลอแล้วกลับตัว ซึ่งต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมสูง ในขณะที่การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ประกอบด้วยการเปลี่ยนทิศทางหลายครั้งและหลากหลายรูปแบบซึ่งอาจมีความสอดคล้องกับรูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกของการวิจัยนี้มากกว่า นอกจากนี้อาจเกิดจากปัจจัยอื่นเช่น น้ำหนักตัว ในการวิจัยนี้พบว่าทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nimphius, Mcguigan, and Newton (2010) ที่พบว่า น้ำหนักตัวมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง กล่าวคือเมื่อนักกีฬายิ่งมีน้ำหนักตัวมาก ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางจะยิ่งลดลง โดยเฉพาะเมื่อทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางแบบ 505 ถึงกระนั้นก็ตามการวิจัยนี้พบว่า ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกลดลงน้อยกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (0.7% กับ 3%) ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการที่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกมีความแข็งแรงของ

กล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก พลังของกล้ามเนื้อขา และความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ความสามารถในการเบรกหรือชะลอความเร็วในขณะเปลี่ยนทิศทางมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกสามารถเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาได้ ผู้ฝึกสอนควรนำการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกไปประยุกต์ใช้กับการฝึกนักกีฬา แต่ในขณะเดียวกันการฝึกแบบคอนเซนตริกก็ยังคงมีความสำคัญกับการเพิ่มสมรรถภาพให้กับนักกีฬา ผู้ฝึกสอนควรดำเนินการฝึกควบคู่กันไป

2. การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเป็นการฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักสูง ดังนั้นจึงควรฝึกในนักกีฬาที่มีทักษะในการฝึกด้วยแรงต้านและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมากเพียงพอ

3. การฝึกเชิงซ้อนแบบคอนเซนตริกควรฝึกที่ความหนักสูง (ประมาณ 90%1RM) ขึ้นเพื่อให้มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

ในการวิจัยนี้ได้ฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่ความหนัก 120% ของ 1RM โดยให้ออกแรงขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซนตริกเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนที่กล้ามเนื้อทำงานขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบคอนเซนตริก และเอกเซนตริกที่ระดับความหนักอื่นๆ (Eccentric overload) ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี, ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2553). การเปรียบเทียบการฝึกพลังกล้ามเนื้อแบบเอ็คเซ็นตริกและการฝึกดรอปจั๊มพ์ ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, *11*(พฤษภาคม – สิงหาคม 2553), 8-52

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล. (2548). ผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาญวิทย์ ผลชีวิน. (2534). ฟุตบอล. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ตปริ้นติ้ง.

ประโยค สุทธิสง่า. (2541). การบริหารเชิงกลยุทธ์สู่ความเป็นเลิศของโค้ชฟุตบอล. กรุงทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

สุทธิกร อาภานุกูล และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2552). ผลของการฝึกแบบเอ็คเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาเทนนิสชาย. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, *10*(พฤษภาคม – สิงหาคม 2552), 93-104

ภาษาอังกฤษ

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology, 93*(4), 1318-1326.

Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., & de Villarreal, E. S. (2016). The Effects of Plyometric Training on Change-of-Direction Ability: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11*(5), 563-573.

Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsoe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences= Journal canadien des sciences du sport, 16*(2), 110-116.

Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. (2016). The Relationship between Maximal-Strength and Reactive-Strength. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-25.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Turning movements performed during FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Science and Medicine, 6*(9).

Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports, 3E*: Human kinetics.

Bompa, T., & Carrere, M. (1999). Periodization training for sport. *Auckland New Zealand: Human Kinetics*.

Burgess, K. E., Connick, M. J., Graham-Smith, P., & Pearson, S. J. (2007). Plyometric vs. isometric training influences on tendon properties and muscle output. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(3), 986.

Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(8), 2241-2249.

Chu. (1996). *Explosive power & strength: complex training for maximum results*: Human Kinetics 1.

Chu. (1998). *Jumping into plyometrics*: Human Kinetics.

Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine, 37*(9), 737-763.

Collins, P. (2008). *Power Training: Build Your Most Powerful Body Ever with Australia's Body Coach*: Meyer & Meyer Sport, Limited.

Cometti, G., Maffiuletti, N., Pousson, M., Chatard, J.-C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine, 22*(01), 45-51.

Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(1), 173-177. doi:10.1519/JSC.0b013e318291b8c7

Cook, C. J., Beaven, C. M., & Kilduff, L. P. (2013). Three weeks of eccentric training combined with overspeed exercises enhances power and running speed performance gains in trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27*(5), 1280-1286.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Croisier, J.-L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J.-M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine, 36*(8), 1469-1475.

Cronin, J. B., McNAIR, P. J., & Marshall, R. N. (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Medicine and Science in sports and Exercise, 32*(10), 1763-1769.

Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J.-R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International journal of sports medicine, 25*(03), 170-176.

Dartnall, T. J., Rogasch, N. C., Nordstrom, M. A., & Semmler, J. G. (2009). Eccentric muscle damage has variable effects on motor unit recruitment thresholds and discharge patterns in elbow flexor muscles. *Journal of neurophysiology, 102*(1), 413-423.

de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 10*(1), 46-52.

de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of sports sciences, 34*(14), 1380-1387.

Di Mascio, M., & Bradley, P. S. (2013). Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27*(4), 909-915.

Docherty, D., Robbins, D., & Hodgson, M. (2004). Complex training revisited: A review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal, 26*(6), 52.

Draper, J. (1985). The 505 test: A test for agility in horizontal plane. *Aust J Sci Med Sport, 17*(1), 15-18.

Drum, S. N., Weatherwax, R., & Dixon, J. B. (2016). Physiology of Skeletal Muscle. In J. B.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Dixon (Ed.), *Muscular Injuries in the Posterior Leg: Assessment and Treatment* (pp. 13-25). Boston, MA: Springer US.

Duthie, G. M., Young, W. B., & Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 16*(4), 530-538.

Ebben, W. P. (2002). Complex training: A brief review. *Journal of sports science & medicine, 1*(2), 42.

Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A Review of Combined Weight Training and Plyometric Training Modes: Complex Training. *Strength & Conditioning Journal, 20*(5), 18-27.

Farthing, J. P., & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology, 89*(6), 578-586.

Fried, T., & Lloyd, G. J. (1992). An overview of common soccer injuries. *Sports medicine, 14*(4), 269-275.

Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., Müller, H., Weber, M.-A., Metz, J., & Kauczor, H.-U. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European Journal of Applied Physiology, 108*(4), 821-836.

Fry, A. C., Smith, J. C., & Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 17*(4), 629-633.

Gilmore, J. (1998). Groin pain in the soccer athlete: fact, fiction, and treatment. *Clinics in sports medicine, 17*(4), 787-793.

Gottschalk, F., Kourosh, S., & Leveau, B. (1989). The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *Journal of anatomy, 166*, 179.

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*: Human kinetics.

Healy, R., & Comyns, T. M. (2017). The Application of Postactivation Potentiation Methods to Improve Sprint Speed. *Strength & Conditioning Journal, 39*(1), 1-9.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Hickson, R., Dvorak, B., Gorostiaga, E., Kurowski, T., & Foster, C. (1988). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *Journal of Applied Physiology, 65*(5), 2285-2290.

Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., 3rd, & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol (1985), 81*(5), 2173-2181. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2173

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports medicine, 35*(7), 585-595.

Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of Applied Physiology, 80*(3), 765-772.

Ingle, L., Sleap, M., & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of sports sciences, 24*(9), 987-997.

Jenkins, G. W., Kemnitz, C. P., & Tortora, G. J. (2006). *Anatomy and Physiology: From Science to Life*: John Wiley & Sons, Incorporated.

Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 17*(2), 345-349.

Jones, P. A., Thomas, C., Dos'Santos, T., McMahon, J. J., & Graham-Smith, P. (2017). The Role of Eccentric Strength in 180° Turns in Female Soccer Players. *Sports, 5*(2), 42.

Juárez, D., González-Ravé, J. M., & Navarro, F. (2009). Effects of complex vs non complex training programs on lower body maximum strength and power. *Isokinetics and Exercise Science, 17*(4), 233-241.

Karp, J. R. (2001). Muscle Fiber Types and Training. *Strength & Conditioning Journal, 23*(5), 21.

Kasim, P. (2007). Optimizing squat technique. *Strength and Conditioning Journal, 29*(6), 10.

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 18*(3), 675-684.

Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., & Tricoli, V. (2016). Effects Of Different Combinations Of Strength, Power, And Plyometric Training On The Physical Performance Of Elite Young Soccer Players. *J Strength Cond Res*. doi:10.1519/JSC.0000000000001609

Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of biomechanics, 33*(10), 1197-1206.

Lindstedt, S., LaStayo, P., & Reich, T. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology, 16*(6), 256-261.

Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 19*(1), 76-78.

Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., & Williams, C. A. (2009). Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *Journal of sports sciences, 27*(14), 1565-1573.

MacDonald, C. J., Lamont, H. S., & Garner, J. C. (2012). A comparison of the effects of 6 weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of strength and anthropometrics. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 26*(2), 422-431.

Magalhaes, J., Oliveira, J., Ascensao, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 44*(2), 119.

Malisoux, L., Francaux, M., & Theisen, D. (2007). What do single-fiber studies tell us about exercise training? *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*(7), 1051-1060.

Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(2), 543.

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport, 20*(10), 943-951.

McNeely, E. (2005). Introduction to plyometrics: Converting strength to power. *NSCA's performance training journal, 6*(5), 19-22.

Mihalik, J. P., Libby, J. J., Battaglini, C. L., & McMurray, R. G. (2008). Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 22*(1), 47-53.

Miller, J., Koh, Y., & Park, C.-G. (2014). Effects of Power-based Complex Training on Body Composition and Muscular Strength in Collegiate Athletes. *American Journal of Sports Science and Medicine, 2*(5), 202-207.

Munger, C. N., Archer, D. C., Leyva, W. D., Wong, M. A., Coburn, J. W., Costa, P. B., & Brown, L. E. (2017). Acute Effects of Eccentric Overload on Concentric Front Squat Performance. *J Strength Cond Res, 31*(5), 1192-1197. doi:10.1519/jsc.0000000000001825

Negra, Y., Chaabene, H., Amara, S., Jaric, S., Hammami, M., & Hachana, Y. (2017). Evaluation of the Illinois Change of Direction Test in Youth Elite Soccer Players of Different Age. *Journal of Human Kinetics, 58*(1), 215-224.

Negra, Y., Chaabene, H., Stöggl, T., Hammami, M., Chelly, M. S., & Hachana, Y. (2016). Effectiveness and time-course adaptation of resistance training vs. plyometric training in prepubertal soccer players. *Journal of Sport and Health Science*.

Nimphius, S., Mcguigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(4), 885-895.

Patterson, M., & Caulfield, B. (2010). A method for monitoring reactive strength index. *Procedia Engineering, 2*(2), 3115-3120.

Patton, K. T. (2007). *Anatomy & Physiology Laboratory Manual*: Elsevier/Mosby.

Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(4), 867.

Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

J. M., & Zebas, C. J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 13*, 275-279.

Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of sports sciences, 18*(9), 695-702. doi:10.1080/02640410050120078

Rhea, M. R., Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A., & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 17*(1), 82-87.

Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness, 40*(2), 162-169.

Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, D. W. (2008). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analyses. *British Journal of Sports Medicine*.

Sabido, R., HernáNdez-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European journal of sport science, 17*(5), 530-538.

Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in sports and Exercise, 20*(5 Suppl), S135-145.

Santos, E. J. A. M., & Janeira, M. A. A. S. (2008). Effects of Complex Training on Explosive Strength in Adolescent Male Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 22*(3), 903-909. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a59f2

Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(10), 2857-2872.

Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(12),

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3497-3506.

Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport physiology for coaches* (Vol. 10): Human Kinetics.

Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences, 24*(9), 919-932. doi:10.1080/02640410500457109

Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(8), 2205-2214.

Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(9), 2415-2423.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine, 35*(6), 501-536.

Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport, 3*(2), 88-96.

Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(1), 332-335.

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine, 39*(2), 147-166.

Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11*(1), 66-73.

Turner, A. P., Bellhouse, S., Kilduff, L. P., & Russell, M. (2015). Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 29*(2), 343-350.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Vandenburgh, H. H. (1987). Motion into mass: how does tension stimulate muscle growth? *Medicine and Science in sports and Exercise, 19*(5 Suppl), S142-149.

Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology, 116*(11), 1446-1454.

Weineck, J. (1990). *Functional anatomy in sports*: Year Book Medical Pub.

Whyte, G. (2006). *The physiology of training*: Elsevier Health Sciences.

Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. J. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 17*(5), 225-239.

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine, 38*(3), 285-288.

Yang, S., Alnaqeeb, M., Simpson, H., & Goldspink, G. (1996). Cloning and characterization of an IGF-1 isoform expressed in skeletal muscle subjected to stretch. *Journal of muscle research and cell motility, 17*(4), 487-495.

Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics, 10*, 89-89.

Yue, G. H., Liu, J. Z., Siemionow, V., Ranganathan, V. K., Ng, T. C., & Sahgal, V. (2000). Brain activation during human finger extension and flexion movements. *Brain Research, 856*(1), 291-300.

Zois, J., Bishop, D. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of science and medicine in sport, 14*(6), 522-528.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 5 นาที
2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 20 วินาทีต่อการยืดแต่ละครั้ง ดังนี้

   2.1 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอสะโพก(Iliopsoas muscle) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยย่อตัวลง วางเข่าในข้างที่ต้องการยืดเหยียดลงบนพื้น (พื้นที่ไม่แข็งหรือวางบนวัสดุที่นุ่มเช่น ผ้า หรือแผ่นโฟม เป็นต้น) ขาอีกข้างหนึ่งวางด้านหน้าโดยเข่าชันทำมุมภายในประมาณ 120 องศา จากนั้นเคลื่อนลำตัวไปด้านหน้าโดยที่ มุมภายในของเข่าลดลง, ลำตัวยังคงตั้งตรงและตามองไปด้านหน้า ต้นขาด้านหลังจะถูกยืดโดยที่ยืดให้รู้สึกตึงแต่ไม่รู้สึกเจ็บ ทำค้างไว้ 20 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนข้าง (ภาพที่ 12)

ภาพที่ 12 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอสะโพก

   2.2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดสะโพก (Hip extensor muscle) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนอนหงายแล้วงอเข่าข้างที่ต้องการยืดเหยียดขึ้นมา แล้วใช้มือทั้งสองข้าประสานกันที่หน้าหัวแล้วดึงขึ้นพร้อมกดเข้าหาลำตัว โดยที่ขาข้างที่ไม่ได้ยืดยังคงเหยียดตรงติดกับพื้น ยืดเหยียดให้รู้สึกตึงรู้สึกไม่สบายแต่ไม่รู้สึกเจ็บทำค้างไว้ 20 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนข้าง (ภาพที่ 13)

ภาพที่ 13 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดสะโพก

2.3 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มหุบเข้าในสะโพก (Hip adductor muscle) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งยองพร้อมกับสองมือเท้าด้านหน้าเพื่อความสมดุล จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเหยียดขาด้านที่ต้องการยืดเหยียดออกไปด้านข้างโดยที่ฝ่าเท้าด้านในสัมผัสพื้น จากนั้นให้ผู้วิจัยทิ้งน้ำหนักไปด้านหลังเล็กน้อยและเคลื่อนไหวไปทิศทางด้านตรงข้ามกับขาที่ต้องการยืดเหยียดเพื่อให้ขาด้านที่ยืดเหยียดกางออกมากขึ้น โดยยืดเหยียดให้รู้สึกตึงรู้สึกไม่สบายแต่ไม่รู้สึกเจ็บทำค้างไว้ 20 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนข้าง (ภาพที่ 14)

ภาพที่ 14 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มหุบเข้าในสะโพก

2.4 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า (Knee flexor) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งและเหยียดปลายเท้าทั้งสองข้างไปทางด้านหน้า จากนั้นโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยก้มตัวลงพยามแตะ

ปลายเท้าทั้งสองข้างด้วยมือทั้งสองข้างโดยยืดเหยียดให้รู้สึกตึงรู้สึกไม่สบายแต่ไม่รู้สึกเจ็บทำค้างไว้ 20 วินาที (ภาพที่ 15)

ภาพที่ 15 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า

2.5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า (Knee extensor) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนและหาที่จับเพื่อความมั่นคงเช่น เสาหรือกำแพง จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยงอเข่าข้างที่ต้องการยืดเหยียดโดยที่ส้นเท้าอยู่ใกล้กับก้น จากนั้นใช้มือที่อยู่ข้างเดียวกับขาข้างที่ต้องการยืดเหยียดจับที่บริเวณข้อเท้าแล้วกดลงกับก้นโดยให้รู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหน้าแต่ไม่รู้สึกเจ็บทำค้างไว้ 20 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนข้าง (ภาพที่ 16)

ภาพที่ 16 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า

2.6 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอข้อเท้าลง (Plantar flexor) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้สองมือยันกำแพงแล้วก้าวเท้าข้างที่ต้องการยืดเหยียดไปทางด้านหลังห่างจากเท้าหลักประมาณ 70 เซนติเมตร หลังจากนั้นให้ทิ้งน้ำหนักลงบนเท้าหลังโดยระลึกว่าพยายามทำ

ให้ส้นติดพื้น โดยที่เข่าขาข้างที่ต้องการยืดเหยียดเหยียดตรงไม่งอเข่า ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะออกแรงจนรู้สึกตึงแต่ไม่รู้สึกเจ็บทำค้างไว้ 20 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนข้าง (ภาพที่ 17)

ภาพที่ 17 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มงอข้อเท้าลง

3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ความหนัก 50%ของ1RM ของตนเองจำนวน 10 ครั้งแล้วนั่งพักเป็นเวลา 3-4 นาทีก่อนเริ่มต้นการฝึกต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข.

การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปคือการฝึกเอคเซนตริก แบ็คสควอช ซึ่งจะใช้เครื่องสมิธแมชชีนในการสควอช เริ่มต้นโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองสควอชด้วยบาร์เบลที่ไม่ได้ใส่น้ำหนักเพื่อกำหนดจุดวางเท้าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เข่ายื่นไปด้านหน้าเกินปลายเท้ามากเกินไปในขณะฝึก และกำหนดตำแหน่งกั้นบาร์เบลเพื่อให้ได้มุมของเข่าที่เหมาะสม ที่มุม 90 องศา และไม่ให้บาร์เบลลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ในขณะฝึกเพื่อป้องกันอันตราย
2. ดันบาร์เบลกลับไปไว้ ณ ตำแหน่งที่ต่ำกว่าหนอกคอ (Upper fiber of trapezius) เล็กน้อย แล้วให้ผู้ช่วยใส่แผ่นน้ำหนัก ที่ความหนัก 120%ของ1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคน
3. ให้มีผู้ช่วยข้างละ 1 คนและด้านหลัง 1 คน ทำการยกบาร์เบลขึ้นประทับบริเวณหนอกคอของผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยที่ยังไม่ปล่อยน้ำหนักลง
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อท้องและหลังแล้วงอเข่าเล็กน้อย แล้วให้สัญญาณ
5. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยพร้อมให้ผู้ช่วยค่อยๆปล่อยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับน้ำหนักด้วยตัวเอง พร้อมกับกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงต้านทานอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ผู้ช่วยต้องเตรียมป้องกันอันตรายให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยอยู่ตลอดเวลา
6. เมื่อบาร์เบลลงถึงตำแหน่งกั้น จึงนับว่าสิ้นสุดครั้งที่ 1 ให้ผู้ช่วยช่วยกันยกบาร์ขึ้นและทำซ้ำตั้งแต่ ข้อ 3. จนครบ 4 ครั้ง จึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกเอกเซนตริกแบ็คสควอช 1 ชุด
7. พัก 5 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 18 การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก

ภาคผนวก ค.
การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปคือการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปในท่า แบ็คสควอช ซึ่งจะใช้เครื่องสมิธแมชชีนในการสควอช เริ่มต้นโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองสควอชด้วยบาร์เบลที่ไม่ได้ใส่น้ำหนักเพื่อกำหนดจุดวางเท้าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เข่ายื่นไปด้านหน้าเกินปลายเท้าขณะฝึก และกำหนดตำแหน่งกั้นบาร์เบลเพื่อให้ได้มุมของเข่าที่เหมาะสม ที่มุม 90 องศา และไม่ให้บาร์เบลลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ในขณะฝึกเพื่อป้องกันอันตราย
2. ดันบาร์เบลกลับไปล็อคไว้ ณ ตำแหน่งที่ต่ำกว่าหนอกคอ (Upper fiber of trapezius) เล็กน้อย แล้วให้ผู้ช่วยใส่แผ่นน้ำหนัก ที่ความหนัก 80%ของ1RM ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคน
3. ให้มีผู้ช่วยข้างละ 1 คน ทำการยกบาร์เบลขึ้นประทับบริเวณหนอกคอของผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยที่ยังไม่ปล่อยน้ำหนักลง
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อท้องและหลัง แล้วงอเข่าเล็กน้อย บอกผู้เข้าร่วมการวิจัยว่า ให้สัญญาณเมื่อพร้อม
5. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยพร้อมให้ผู้ช่วยค่อยๆปล่อยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับน้ำหนักด้วยตัวเอง แล้วเริ่มทำการปฏิบัติ
6. โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยย่อลงเมื่อบาร์เบลลงถึงตำแหน่งกั้นแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดันบาร์เบลขึ้น จึงนับว่าสิ้นสุดครั้งที่ 1 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติด้วยจนครบ 6 ครั้ง จึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปในท่าแบ็คสควอช 1 ชุด ทั้งนี้จังหวะในการปฏิบัติผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องกระทำด้วยความเร็วสูงสุด
7. พัก 5 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง.

การฝึกพลัยโอเมตริก

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนรอ ณ จุดเริ่มต้นจนกว่าจะครบเวลาพักหลังจากการฝึกก่อนหน้า ซึ่งเป็นเวลา 5 นาที
2. เมื่อครบเวลาให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยกระโดดด้วยขาขวาทแยงไปทางซ้าย จากนั้นขาซ้ายจะลงพื้นและรับน้ำหนักแล้วให้กระโดดทแยงต่อทันทีด้วยการออกแรงจากขาซ้าย โดยที่ขาขวาไม่แตะพื้น จากนั้นขาขวาจะลงพื้นและรับน้ำหนักแล้วให้กระโดดทแยงต่อทันทีด้วยการออกแรงจากขาขวา โดยที่ขาซ้ายไม่แตะพื้น ปฏิบัติซ้ำๆเช่นนี้ ทั้งนี้มีข้อกำหนดคือ ประการแรกในการกระโดดแต่ละครั้งต้องออกแรงอย่างเต็มที่เพื่อไปให้ไกลที่สุดและด้วยความเร็วสูงสุดให้ข้ามเส้นที่กำหนด ประการที่สองคือผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องรักษาลำตัวให้หันไปตามแนวของมาร์คเกอร์ โดยที่ไม่หันลำตัวไปทางซ้ายหรือขวา ประการที่สาม ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยประมาณองศาทิศทางในการกระโดดให้อยู่ที่ประมาณ 45 องศาจากด้านหน้าหรือที่เรียกว่า “เฉียง”
3. ปฏิบัติจนครบ 12 ครั้ง โดยนับจากการกระโดดแต่ละครั้ง
4. เมื่อปฏิบัติครบ 12 ครั้งจึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกพลัยโอเมตริก 1 ชุด
5. พัก 5 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย กลับไปฝึกด้วยแรงต้านตามโปรแกรมการฝึกของกลุ่มตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ.
การทดสอบหาค่า 1RM ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน

การหาค่า 1RM ในท่าแบ็คสควอชด้วยเคครื่องสมิธแมชชีนในครั้งนี้จะเป็นการหาค่า 1RM ด้วยวิธีทางตรงตามวิธีของ National strength and conditioning association (Haff and Triplett, 2015) ซึ่งวิธีนี้ค่า 1RM จะถูกวัดได้ภายใน 3-5 เซ็ตของการทดสอบ

1. อธิบายให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจถึงวิธีการปฏิบัติและข้อกำหนดในการทดสอบหาค่า 1 RM
2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกาย โดยการใช้น้ำหนัก โดยประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้ไม่เกิน 5-10 ครั้ง
3. พัก 1 นาที
4. ประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้ไม่เกิน 3-5 ครั้ง โดยใส่แผ่นน้ำหนักเพิ่ม 14-18 กิโลกรัม
5. ให้พัก 4 นาที
6. ประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้เพียง 1 ครั้ง โดยใส่แผ่นน้ำหนักเพิ่ม 14-18 กิโลกรัม
7. หากผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถปฏิบัติได้ ให้พัก 4 นาทีแล้วปฏิบัติตามข้อ 6 อีกครั้ง แต่หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถปฏิบัติได้ให้ลดแผ่นน้ำหนักลง 7-9 กิโลกรัม แล้วทดลองปฏิบัติอีกครั้ง
8. ให้มีการเพิ่มและลดน้ำหนักตามขั้นตอนจนกว่าจะได้น้ำหนักที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถยกได้เพียงหนึ่งครั้งด้วยเทคนิคในการยกที่ถูกต้อง

หมายเหตุ: เทคนิคการยกที่ถูกต้องคือสามารถทำการยกได้โดยไม่มีการพยายามชดเชยแรงจากกล้ามเนื้อส่วนอื่น เช่นการใช้กล้ามเนื้อหลังหรือการใช้กล้ามเนื้อน่องโดยการเขย่งเท้าเข้าช่วย เป็นต้น และสามารถยกได้โดยไม่มีการสั่นที่มากเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ.

การทดสอบเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

การเก็บข้อมูลทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึก ผู้วิจัยจะแบ่งการเก็บข้อมูลเป็นสองวันโดยลำดับการเก็บข้อมูลดังนี้

วันที่ 1 เวลา 10.00 – 12.00 น.	1. การทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา
	2. การทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง
	3. การทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา
	4. การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร
วันที่ 2 เวลา 10.00 – 12.00 น.	1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
	2. การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว
	3. การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง

หมายเหตุ: 1.ต้องมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (ภาคผนวก ก.) ก่อนการเริ่มต้นการทดสอบแรกในแต่ละวัน
2.การทดสอบที่อยู่ภายในวันเดียวกันจะมีระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อป้องกันปัจจัยแทรกซ้อนจากการทดสอบก่อนหน้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายละเอียดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1.การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Higbie et al., 1996)

โดยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) เหยียดเข่า (Knee extensor) โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก (Eccentric strength) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก (Concentric strength) ทำการทดสอบด้วยเครื่องไอโซคิเนติก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก โดยหลังชิดพนักพิงลำตัวตั้งตรง สะโพกทำมุม 90 องศา
2. จัดตำแหน่งไดนาโมให้แกนหมุนของเครื่องตรงกับแลทเทอรัล คอนไดล์ (Lateral condyle)
3. ติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย รัดเข็มขัดบริเวณต่างๆให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวบริเวณอื่น โดยมือจะไขว้จับที่เข็มขัดที่หน้าอก
4. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งสองแบบจะกำหนดความเร็วเชิงมุมที่ 60 องศาต่อวินาที ช่วงของการเคลื่อนไหวจะกำหนดให้ใกล้เคียง 90 องศา มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
5. การทดสอบแรกเป็นการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก
6. ทำการวอร์มอัพด้วยการเตะขา 3 ครั้ง
7. จากนั้นผู้วิจัยจะบอกผู้เข้าร่วมการวิจัยว่าให้ออกแรงเตะขาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้แล้วเริ่มทำการทดสอบ พร้อมกับกระตุ้นผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำการเตะขา 3 ครั้ง โดยพักระหว่างครั้ง 25 วินาที
8. จากนั้นจะเป็นการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก
9. ผู้วิจัยบอกผู้เข้าร่วมการวิจัยว่าให้ออกแรงต้านทานมากที่สุดเท่าที่จะทำได้แล้วเริ่มทำการทดสอบ พร้อมกับกระตุ้นผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำการทดสอบ 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 25 วินาที
10. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลและจะนำข้อมูล peak torque ไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น นิวตัน·เมตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.การทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา (Cook et al., 2013)

การทดทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ด้วยการทดสอบเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์ จั้มพ์

วิธีการทดสอบ

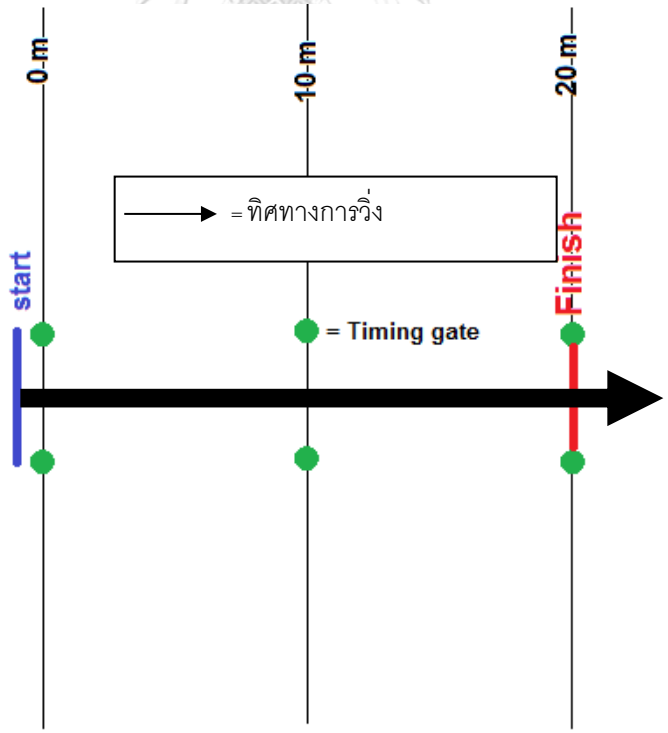
1. ติดตั้งและเตรียมพร้อมเครื่องตรวจรับแรงกระแทก
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่ายกายโดยการวิ่งเหยาะๆเป็นเวลา 3 นาที แล้วสควอชด้วยน้ำหนักตัว 10 ครั้ง แล้วพัก 3 นาที
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก โดยยืนเท้าเอวแยกเท้ากว้างประมาณช่วงไหล่ สายตามองตรงไปด้านหน้า
5. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัยทำการย่อเข่าลงโดยเข่าทำมุมประมาณ 90 องศาแล้วกระโดดขึ้นทันที โดยมือไม่หลุดจากเอว
6. ขณะลงสู่พื้นให้ลงด้วยเท้าทั้งสองข้างพร้อมกัน
7. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัยให้ก้าวออกจากแผ่นยาง แล้วเริ่มต้นทำทั้ง 4 ข้ออีกครั้ง กล่าวคือทำการกระโดด 3 ครั้ง พัก 1 นาทีระหว่างครั้ง เมื่อครบ 3 ครั้งจึงเสร็จสิ้นการทดสอบ
8. เก็บข้อมูลพลังสูงสุด (Peak power) จากเครื่องมือเพื่อนำไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อกิโลกรัม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร (Little and Williams, 2005)

วิธีการทดสอบ

1. ผู้วิจัยติดตั้งอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate ที่จุดออกตัว, ที่ระยะ 10 เมตรจากจุดออกตัว และที่ระยะ 20 เมตรจากจุดออกตัวดังรูป
2. อธิบายวิธีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ
3. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ 3 นาที
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 1 นาทีแล้วยืนรอ เตรียมพร้อมออกตัว ณ จุดออกตัวด้านหลังกล้องเล็กน้อย
5. เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกตัววิ่งเมื่อพร้อม โดยการวิ่งจะต้องวิ่งให้เร็วที่สุดและจะชะลอเพื่อหยุดเมื่อเลยระยะ 20 เมตรจากจุดเริ่มต้นแล้ว
6. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาทีแล้วทำการทดสอบซ้ำ โดยจะทำการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้วิจัยจะเลือกผลจากครั้งที่ดีที่สุด แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น วินาที)

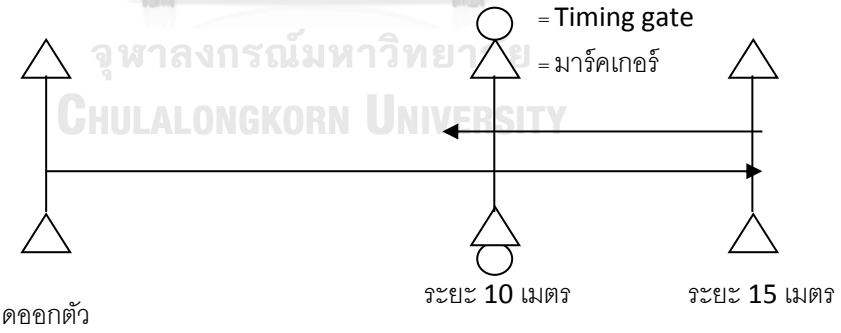


ภาพที่ 19 การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร

4.ทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยวิธีการทดสอบแบบ 505 (Draper, 1985)

วิธีการทดสอบ

1. ผู้วิจัยวัดระยะและวางมาร์คเกอร์ที่จุดออกตัว, ที่ระยะ 10 เมตรจากจุดเริ่มต้น และที่ระยะ 15 เมตรจากจุดออกตัวดังภาพที่ 21
2. ติดตั้งอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate เพื่อใช้ในการบันทึกเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ ณ ตำแหน่ง 10 เมตรจากจุดเริ่มต้นเพื่อใช้ในการเริ่มจับเวลาและหยุดเวลา
3. อธิบายวิธีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ 3 นาที
5. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาทีแล้วยืนรอ เตรียมพร้อมออกตัว ณ จุดออกตัว
6. เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกตัวเมื่อพร้อม ในการเคลื่อนที่จะต้องเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยวิ่งผ่านระยะ 10 เมตร ไปยังระยะ 15 เมตรแล้วกลับตัวเพื่อวิ่งย้อนกลับเพื่อให้ผ่านระยะ 10 เมตรในเวลาอันรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยที่ระยะ 15 เมตร ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำให้แน่ใจว่าได้วิ่งถึงระยะ 15 เมตรก่อนมีการกลับตัว หากไม่ถึงระยะ 15 เมตรถือว่าผิดพลาดและต้องทำการทดสอบใหม่
7. ทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง โดยให้พัก 4 นาทีระหว่างครั้ง
8. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลครั้งที่ดีที่สุดเพื่อนำไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็นวินาที)



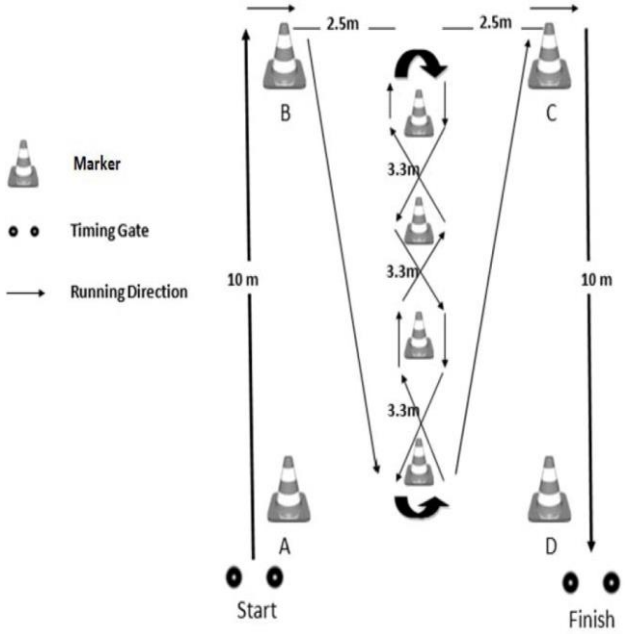
ภาพที่ 21 การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยวิธีการทดสอบแบบ 505

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์ (Negra et al., 2017)

วิธีการทดสอบ

1. ผู้วิจัยวัดระยะและติดตั้งกรวยทั้งหมด 8 จุด และอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate 2 จุดดังภาพที่ 22
2. ติดตั้งอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate เพื่อใช้ในการบันทึกเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ
3. อธิบายวิธีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ 3 นาที
5. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาทีแล้วยืนรอ เตรียมพร้อมออกตัว ณ จุดออกตัว
6. เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกตัวเมื่อพร้อม ในการเคลื่อนที่จะต้องเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยมีทิศทางตามลูกศรดังภาพที่ 22
7. ทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง โดยให้พัก 4 นาทีระหว่างครั้ง
8. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลครั้งที่ดีที่สุดเพื่อนำไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็นวินาที)



ภาพที่ 22 การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวอิลินอยส์

ที่มา:

N.Negra. (2017). Evaluation of the Illinois Change of Direction Test in Youth Elite Soccer Players of Different Age. Journal of Human Kinetics

6.ทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Beattie et al., 2016)

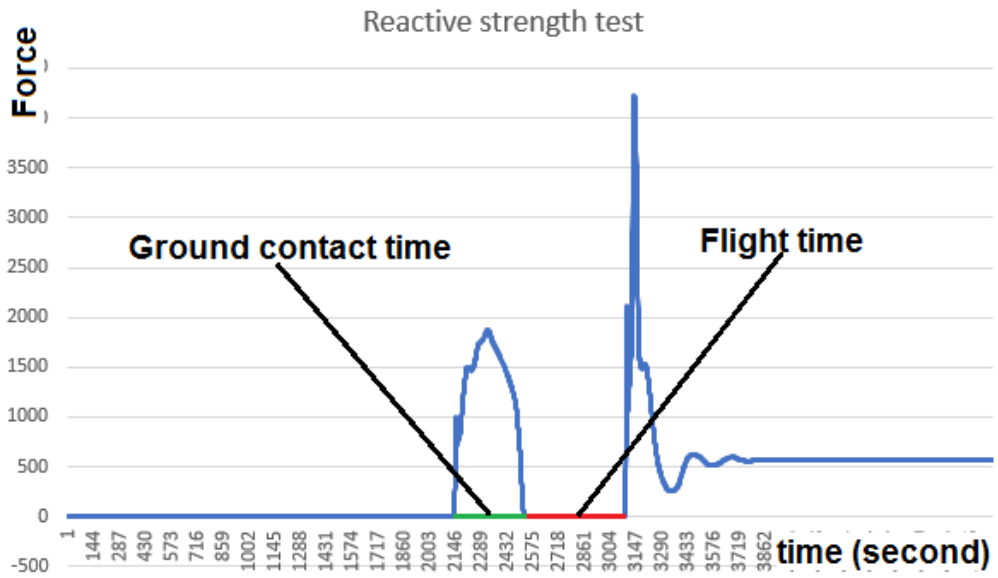
1. ผู้วิจัยติดตั้งและเตรียมพร้อมเครื่องตรวจรับแรงกระแทก และสเต็ปบ็อกซ์ที่ความสูง 40 เซนติเมตร
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่ายกายโดยการวิ่งเหยาะๆเป็นเวลา 3 นาที แล้วตามด้วยสควอชด้วยน้ำหนักตัว 10 ครั้ง แล้วพัก 3 นาที
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ โดยเน้นย้ำว่าเมื่อเท้าสัมผัสพื้นให้กระโดดขึ้นให้เร็วที่สุดและสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนบนสเต็ปบ็อกซ์โดยยืนเท้าเอว ที่ขอบของสเต็ปบ็อกซ์
5. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย ทำการยื่นเท้าข้างที่ถนัดเลยขอบสเต็ปบ็อกซ์ไปแล้วใช้เท้าอีกข้างหนึ่งดันตัวเองออกไปให้หล่นจากสเต็ปบ็อกซ์อย่างรวดเร็ว
6. ขณะลงสู่พื้นให้ลงด้วยเท้าทั้งสองข้างพร้อมกันและกระโดดขึ้นทันทีอย่างรวดเร็วและแรงโดยมือไม่หลุดจากเอว
7. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัยให้ก้าวออกจากแผ่นตรวจรับแรงกระแทก แล้วเริ่มต้นทำตั้งข้อ 4 อีกครั้ง กล่าวคือทำการกระโดด 3 ครั้ง เมื่อครบ 3 ครั้งถือว่าเป็นการเสร็จสิ้นการทดสอบ
8. ผู้วิจัยนำข้อมูลไปทำการคำนวณตามสมการ
9. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที)

สมการคำนวณความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง (Patterson and Caulfield, 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Reactive strength index = jump height (m) / ground contact time (sec)

โดย $\text{Jump height} = \frac{\text{Gravity x Flight time}^2}{8}$



ภาพที่ 23 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Bertec digital acquire 4 ที่แสดงผลแรงและเวลาในการทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.การทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา (Lloyd et al., 2009)

1. ผู้วิจัยติดตั้งและเตรียมพร้อมเครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) และเครื่องเคาะจังหวะ (Metronome)
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการอบอุ่นร่ายกายโดยการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 3 นาที
3. อธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนเท้าเอวอยู่บนเครื่องตรวจรับแรงกระแทก
5. ผู้วิจัยเปิดเครื่องเคาะจังหวะโดยกำหนดจังหวะที่ 120 ครั้งต่อนาที
6. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยกระโดดด้วยขาทั้งสองข้างซ้ำๆอย่างต่อเนื่อง โดยในขณะลงสู่พื้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเหยียดสะโพกตรง,เหยียดเข่าตรง และงุ้มปลายเท้าลง เมื่อลงถึงพื้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยสปริงตัวกระโดดขึ้นทันทีให้ตรงกับจังหวะของเครื่องเคาะจังหวะ โดยกระโดดทั้งหมด 20 ครั้ง
7. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการกระโดด 10 ครั้งต่อเนื่องที่ดีที่สุดซึ่งกำหนดจากการกระโดดตรงตามจังหวะของเครื่องเคาะจังหวะ จากโปรแกรม Bertec digital acquire 4 ทั้งแรงสูงสุด (Peak force) และ เวลาที่สัมผัสพื้น (Contact time)
8. นำข้อมูลไปเฉลี่ยแล้วคำนวณหาค่าความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาตามสมการของ ดัลลอว์ (Dalleau et al., 2004)
9. นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร)

สมการของดัลลอว์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ALONGKORN UNIVERSITY

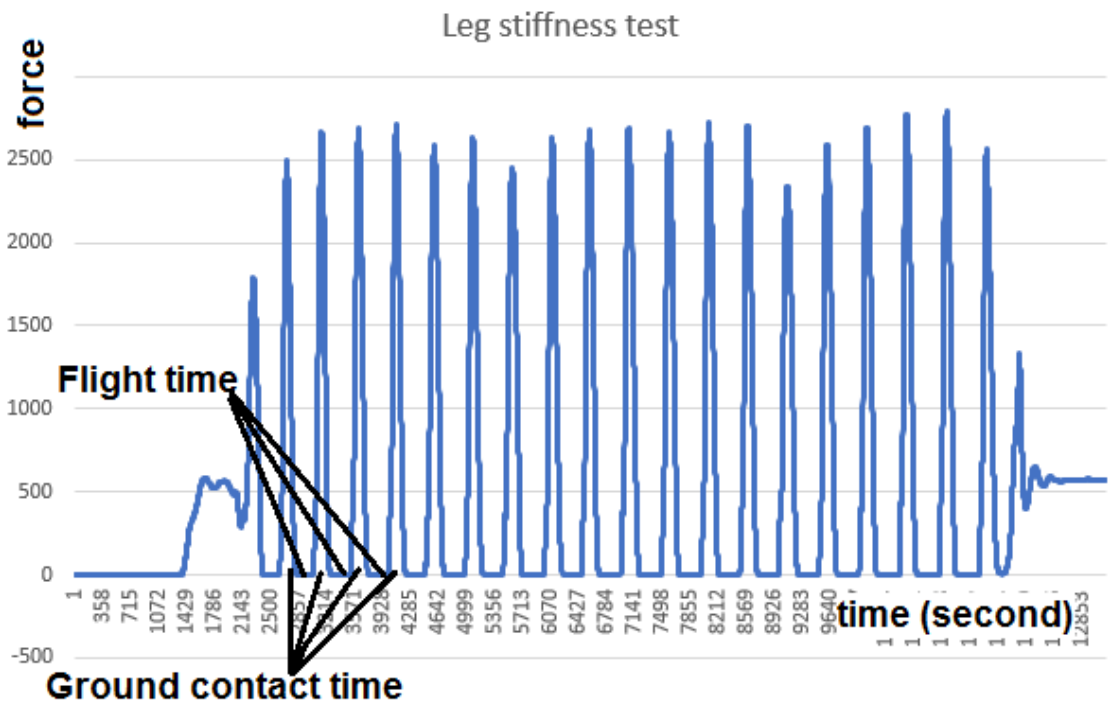
$$K_N = \frac{M \times \pi(T_f + T_c)}{T_c{}^2\left(\frac{T_f+T_c}{\pi} - \frac{T_c}{4}\right)}$$

K_N คือ ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา

M คือ มวลของผู้เข้าร่วมการวิจัย

T_c คือ เวลาขณะที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยสัมผัสพื้นขณะกระโดด

T_f คือ เวลาขณะที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยลอยอยู่บนอากาศ



ภาพที่ 24 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Bertec digital acquire 4 ที่แสดงผลแรงและเวลาในการทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช.

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน

ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

วันที่...../...../..... รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็น ความลับและใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

ตอนที่1: ข้อมูลทั่วไป

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

อายุ.....ปี.....เดือน.....วัน

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

ดัชนีมวลกาย (BMI) น้ำหนักตัว (กก.)/ส่วนสูง (ม.^{2}).....

มวลกล้ามเนื้อ.....กิโลกรัม มวลไขมัน.....กิโลกรัม

ประสบการณ์ในเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาฟุตบอลในรายการระดับชาติ.....ปี

ปัจจุบันเป็นนักกีฬาฟุตบอลระดับ.....

2. ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย

2.1 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี

(โปรดระบุ).....

2.2 ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ, เอ็น หรือกระดูก บริเวณหลัง, ลำตัว, สะโพก และ/หรือขา ระดับรุนแรงจนได้รับการรักษาทางการแพทย์ที่มากกว่าการได้รับยาถูนวดหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุ).....

เมื่อใด (วัน/เดือน/ปี).....

3. คุณสมบัติทางด้านร่างกาย

ความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. สรุปคุณสมบัติ

☐ ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อและมีของที่ระลึกมอบให้

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

(นายรณภพ ชาวปลายนา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ซ.

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

เลขรหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การทดสอบ	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเอกเซนตริก		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก		

การทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขา

ก่อนการทดลอง			หลังการทดลอง		
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร

ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2

การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยวิธีการทดสอบแบบ 505

ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2

การทดสอบความคล่องแคล่ววองไวอิลินอยส์

ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2

การทดสอบความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง

	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลอง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Flight time						
Ground contact time						

การทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา

	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
มวลร่างกาย		
Total flight time		
Total ground contact time		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ.
การประเมินคุณภาพ IOC

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง	มหาวิทยาลัยธรรมสาสตร์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารมย์ ตรีราช	มหาวิทยาลัยมหิดล
5.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมิน IOC

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์

(Index of Item Objective Congruence; IOC)

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก,โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป และการฝึกพลัยโอเมตริก จากโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาใน นักกีฬาฟุตบอล

โดยใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
โปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบเอกเซนตริก				
1. ความหนักในการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบเอกเซนตริก ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธ-แมชชีนที่ 120% ของ 1 อาร์เอ็ม				
2. จำนวนครั้งที่ออกแรงต้าน (4 ครั้ง)				
3. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก (5 นาที)				
4. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)				
5. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (5 นาที)				
6. ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)				
7. ระยะเวลาในการฝึก (6 สัปดาห์)				
โปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป				
1. ความหนักในการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ 80% ของ 1 อาร์เอ็ม				
2. จำนวนครั้งที่ยก (6 ครั้ง)				
3. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก (5 นาที)				
4. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
5. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (5 นาที)				
6. ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)				
7. ระยะเวลาในการฝึก (6 สัปดาห์)				
การฝึกพลัยโอเมตริก				
1. รูปแบบในการฝึก (ท่ากระโดดทแยงสลับขา)				
2. ความหนักในการฝึกพลัยโอเมตริก (ความพยายามสูงสุด)				
3. จำนวนครั้ง (12 ครั้ง)				
4. จังหวะในการกระโดด (เร็วที่สุด)				
5. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมิน

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)						
เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**					**เฉลี่ย**
	ผู้ทรงฯท่านที่ 1	ผู้ทรงฯท่านที่ 2	ผู้ทรงฯท่านที่ 3	ผู้ทรงฯท่านที่ 4	ผู้ทรงฯท่านที่ 5	
โปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบเอกเซนตริก						
1. ความหนักในการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบเอกเซนตริก ในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธ-แมชชีนที่ 120% ของ 1 อาร์เอ็ม	0	1	1	1	1	0.8
1. จำนวนครั้งที่ออกแรงต้าน (4 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
2. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก (5 นาที)	1	0	0	1	1	0.6
3. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)	1	1	0	1	0	0.6
4. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (5 นาที)	1	1	1	1	1	1
5. ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	1	1	1	1
6. ระยะเวลาในการฝึก (6 สัปดาห์)	1	1	0	1	1	0.8
โปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไป						
1. ความหนักในการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบทั่วไปในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีนที่ 80% ของ 1 อาร์เอ็ม	1	1	1	1	1	1
2. จำนวนครั้งที่ยก (6 ครั้ง)	1	0	1	1	1	0.8
3. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก (5 นาที)	1	0	1	1	0	0.6
4. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)	1	1	1	1	1	1
5. ระยะเวลาพักระหว่างเซต (5 นาที)	1	1	1	1	1	1
6. ความถี่ในการฝึก (2 ครั้ง/สัปดาห์)	1	1	0	1	1	0.8
7. ระยะเวลาในการฝึก (6 สัปดาห์)	1	1	0	1	1	0.8
การฝึกพลัยโอเมตริก						
1. รูปแบบในการฝึก (ท่ากระโดดทแยงสลับขา)	0	0	1	1	1	0.6
2.ความหนักในการฝึกพลัยโอเมตริก (ความพยายามสูงสุด)	1	1	1	1	1	1
3. จำนวนครั้ง (12 ครั้ง)	1	1	1	1	1	1
4. จังหวะในการกระโดด (เร็วที่สุด)	1	1	1	1	1	1
5. จำนวนเซตในการฝึก (4 เซต)	1	1	1	1	1	1
รวม	0.89	0.79	0.74	1.00	0.89	0.86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ.

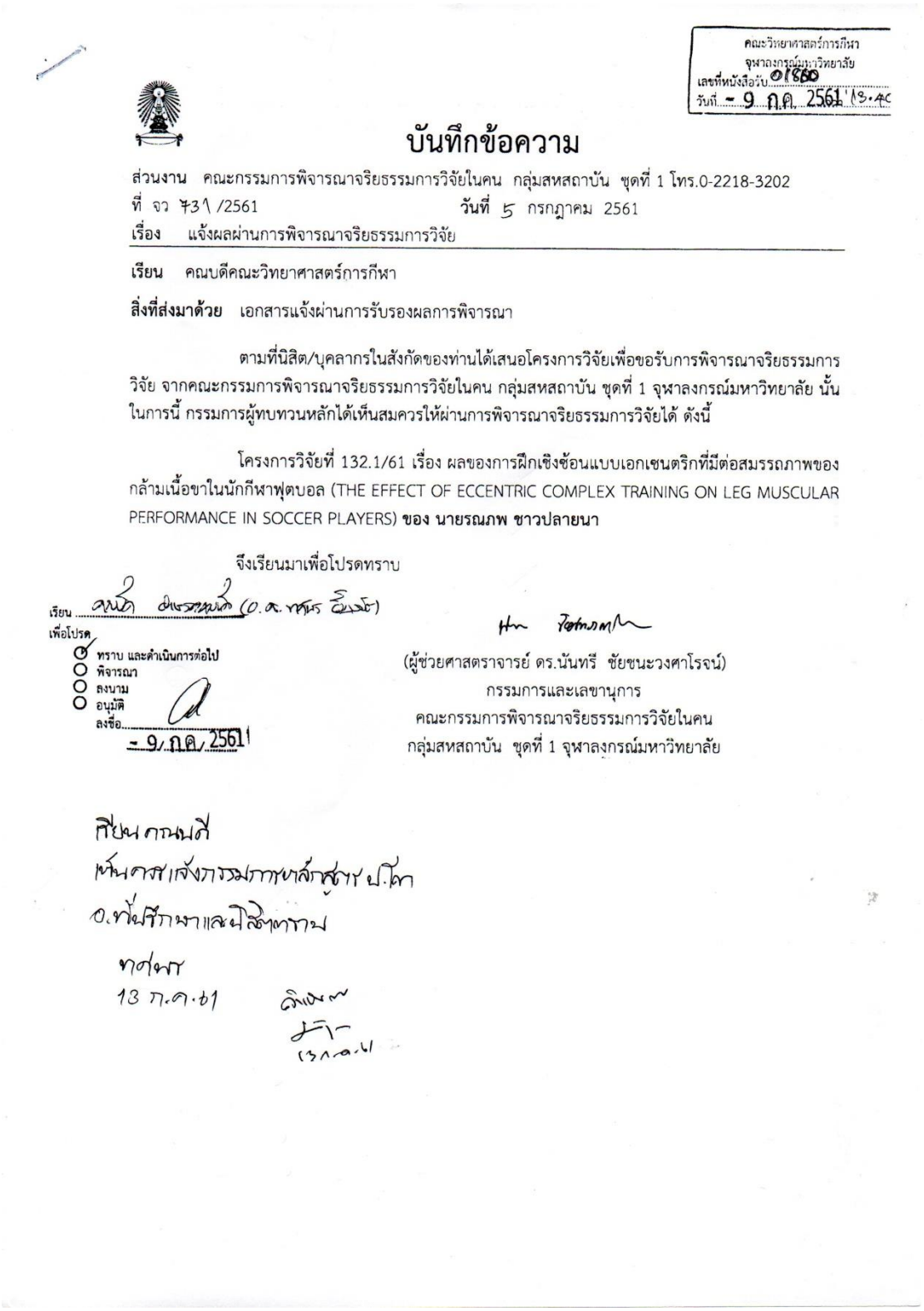
งบประมาณที่ใช้ในการวิจัย

หมวด	จำนวนเงิน (บาท)
1. หมวดวัสดุ	
1.1 วัสดุสิ้นเปลืองทางเวชภัณฑ์ ได้แก่ สำลี แอลกอฮอล์ และอุปกรณ์อื่น ๆ	1,000
1.2 ค่าปริ้นเอกสารและถ่ายเอกสาร	500
รวมหมวดวัสดุ	1,500
2. หมวดค่าตอบแทน	
2.1 ค่าชดเชยการเสียเวลาผู้เข้าร่วมวิจัย และค่าเดินทางของผู้เข้าร่วมวิจัย (16 วัน x 30 คน x 100 บาท)	48,000
รวมหมวดค่าตอบแทน	48,000
3. หมวดค่าใช้สอยอื่น ๆ	
3.1 ค่าของว่าง น้ำดื่มและเครื่องดื่มเกลือแร่ของผู้เข้าร่วมวิจัย (16 วัน x 30 คน x 37 บาท)	17,760
3.2 ค่าบำรุงสถานที่ห้องศูนย์ออกกำลังกายโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครนครปฐม	3,000
3.3 ค่าของที่ระลึก (10 คน x 150 บาท)	1,500
3.4 ค่าเช่าเหมารถตู้เดินทางเพื่อทดสอบเก็บข้อมูลวิจัย นครปฐม-กรุงเทพมหานคร (1500ต่อวัน x 12 วัน)	18,000
รวมหมวดค่าใช้สอยอื่น ๆ	40,260
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	88,260

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฎ.

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน



คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 01880
วันที่ - 9 ก.ค. 2561 13.40

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202
ที่ จว ๗๓๑ /2561 **วันที่** ๕ กรกฎาคม 2561
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 132.1/61 เรื่อง ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล (THE EFFECT OF ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN SOCCER PLAYERS) **ของ นายรณภพ ชาวปลายนา**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

เรียน ... (อ.ดร.ทศนีย์ ...)
เพื่อโปรด
- [x] ทราบ และดำเนินการต่อไป
- [ ] พิจารณา
- [ ] ลงนาม
- [ ] อนุมัติ

ลงชื่อ...
- 9 ก.ค. 2561

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

ศิษย์คณบดี
หน่วยงานจริยธรรมการวิจัยในคน ป.โท
อ.หน่วยวิทยาและนิสิตหาย
ทศพร
13 ก.ค. 61

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: cccu@chula.ac.th

COA No. 158/2561

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 132.1/61 : ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

ผู้วิจัยหลัก : นายรณภพ ชาวปลายนา

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 4 กรกฎาคม 2561 **วันหมดอายุ** : 3 กรกฎาคม 2562

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 132.1/61
วันที่รับรอง - 4 ก.ค. 2561
วันหมดอายุ - 3 ก.ค. 2562

เงื่อนไข

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

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
(กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป)

ทำที่.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

ชื่อผู้วิจัย นายรณภพ ชาวปลายนา

ที่อยู่ที่ติดต่อ 1575 หมู่ 5 ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี 72170 โทรศัพท์มือถือ 098-2641761 E-mail Address: ronapopch@gmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

*ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้* ตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม*เข้าร่วมการ*ฝึกออกกำลังกายในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน เป็นเวลา 2 วันต่อสัปดาห์ จำนวน 2 สัปดาห์ และเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 ครั้ง โดยการฝึกแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และการทดสอบสมรรถภาพร่างกายต่างๆ โดยมีการทดสอบดังนี้

1) การวัดส่วนสูง น้ำหนักและองค์ประกอบของร่างกาย ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 นาที
2) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 20 นาที
3) ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อด้วยการกระโดดเคาร์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที
4) การทดสอบความเร็วในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที
5) การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยแบบทดสอบ 505 ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

132-1/61
รับรองวันที่ - 4 ก.ค. 2561
รับรองตลอดอายุ - 3 ก.ค. 2562

V.2.4/2558

6) การทดสอบความคลองแคล่วว่องไวแบบอิลินอยส์ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

7) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

8) การทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 นาที และมีการทดสอบอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายทิ้ง

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายรณภพ ชาวปลายนา)
ผู้วิจัยหลัก

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

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

132.1/61
วันที่รับรอง - 4 ก.ค. 2561
วันหมดอายุ - 3 ก.ค. 2562

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
(กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก)

ทำที่.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล

ชื่อผู้วิจัย นายรณภพ ชาวปลายนา

ที่อยู่ที่ติดต่อ 1575 หมู่ 5 ตำบลดอนเจดีย์ อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี 72170 โทรศัพท์มือถือ 098-2641761 E-mail Address: ronapopch@gmail.com

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

*ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้* ตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม*เข้าร่วมการ*ฝึกออกกำลังกายในท่าแบ็คสควอชด้วยเครื่องสมิธแมชชีน เป็นเวลา 2 วันต่อสัปดาห์ จำนวน 2 สัปดาห์ และเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 ครั้ง โดยการฝึกแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และการทดสอบสมรรถภาพร่างกายต่างๆ โดยมีการทดสอบดังนี้

1) การวัดส่วนสูง น้ำหนักและองค์ประกอบของร่างกาย ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 นาที
2) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 20 นาที
3) ทดสอบพลังของกล้ามเนื้อด้วยการกระโดดเคาร์เตอร์*มูฟเม้นท์จั้มพ์* ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที
4) การทดสอบความเร็วในการวิ่งที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตร ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที
5) การทดสอบความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางด้วยแบบทดสอบ 505 ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

132.1/61
วันที่รับรอง - 4 ก.ค. 2561
วันหมดอายุ - 3 ก.ค. 2562

1/2

V.2.4/2558

6) การทดสอบความคล่องแคล่ววองไวแบบอิลินอยส์ ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

7) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 10 นาที

8) การทดสอบความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 5 นาที และมีการทดสอบอีกครั้งหลัง 6 สัปดาห์

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายทิ้ง

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายรณภพ ชาวปลายนา)
ผู้วิจัยหลัก

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

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

132.1/61
-4 ก.ค. 2561
รับรองเมื่อ.....
วันหมดอายุ -3 ก.ค. 2562

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	รณภพ ชาวปลายนา
วัน เดือน ปี เกิด	08 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี
วุฒิการศึกษา	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	1575 ม.5 ต.ดอนเจดีย์ อ.ดอนเจดีย์ จ.สุพรรณบุรี 72170

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University