ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

นายพงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECT OF ACCENTUATED ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE RUGBY PLAYERS

Mr. Phongchayut Chakshuraksha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย
โดย	นายพงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.สุทธิกร อาภานุกูล

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.สุทธิกร อาภานุกูล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์ : ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย. (THE EFFECT OF ACCENTUATED ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE RUGBY PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.สุทธิกร อาภานุกูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 28 คน อายุระหว่าง 18-25 ปี จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆละ 14 คนเท่ากัน ด้วยวิธีการจับคู่ (Matched pair) โดยใช้ความแข็งแรงสัมพัทธ์เป็นเกณฑ์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก กลุ่มที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ทั้งสองกลุ่มทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังสูงสุด ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่าและการงอเข่า พลังของกล้ามเนื้อ ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะทาง 40 เมตร ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที (Independent t-test) และเปรียบเทียบภายในกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย ก่อนการวิจัย กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่าและการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะทาง 40 เมตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วระยะทาง 40 เมตร แตกต่างจากก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้พบว่า กลุ่มที่ 1 มีการพัฒนาความแข็งแรงสัมพัทธ์ และแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างกันของแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังของกล้ามเนื้อ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะทาง 40 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการวิจัย การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง สามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อขาได้ใกล้เคียงกัน แต่การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก สามารถพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด และแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า ได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ดังนั้นจึงสามารถนำการฝึกนี้ไปประยุกต์เพื่อพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6178307439 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Accentuated eccentric loading / Complex training / Leg muscular performance
Phongchayut Chakshuraksha : THE EFFECT OF ACCENTUATED ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE RUGBY PLAYERS. Advisor: SUTTIKORN APANUKUL, Ph.D.

The purpose of this study aimed to investigate and compare the effect of accentuated eccentric complex training versus traditional complex training on leg muscular performance in male rugby players. Twenty-eight male rugby players, aged between 18-25 years, from Chulalongkorn University were recruited. For this study The participants, matched by the relative strength, were randomly assigned into 2 groups (n=14/group). In the group 1, the participants performed an accentuated eccentric complex training, while the group 2 performed a traditional complex training, twice a week for 6 consecutive weeks. Before and after a 6-week of training, the relative strength, peak torque knee extension, peak torque knee flexion, reactive strength index, peak power, ground reaction force, peak velocity and speed were determined. Data were analyzed using Paired t-test and Independent sample t-test to determine the difference within group and between group, respectively. The statistical significance was set at p-value < .05.

The results showed that the mean age, height, body weight, relative strength, peak torque knee extension, peak torque knee flexion, reactive strength index, peak power, ground reaction force, peak velocity and speed did not differ (p>.05) between two groups at the beninning of the experiment. After 6 weeks of training, both groups showed significant higher (p<.05) in relative strength, peak torque knee extension, peak power and speed than that of the pre-training. Moreover, the group 1 showed significant higher (p<.05) in relative strength and peak torque knee extension than that in group 2. However, no significant differenced in peak torque knee flexion, reactive strength index, peak power, ground reaction force, peak velocity and speede were observed between two groups. In conclusion, both eccentric complex training and traditional complex training, twice a week, over a 6-week period, are equally effective for improving leg muscular performance. However, the accentauted eccentric complex training appears to increase leg muscular strength more than that of traditional complex training. Hence. the eccentuated eccentric complex training can be used for enhancing leg muscular performance in rugby players.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Sports and Exercise Science	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่างๆมากมาย และได้ช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเสมอ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยกราบขอบคุณพระอาจารย์ อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิยานิพนธ์ และให้คำแนะนำตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ความสบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้นักกีฬาเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม) ทุกคน ที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรมสั่งสอน ซึ่งผู้วิจัยได้นำความรู้และคำสอนเหล่านั้นมาก่อประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จนี้สำเร็จตามเป้าหมาย รวมไปถึงบุคลากร เจ้าหน้าที่ และพี่ๆ เพื่อนๆ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำต่างๆ ที่ได้มอบให้ จำทำให้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณตาและคุณยาย ตลอดจนญาติพี่น้อง ที่ได้อบรมสั่งสอนชี้นำแนวทางการดำเนินชีวิต รวมทั้งให้คำปรึกษา และกำลังใจในการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

พงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ..... 5

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 8

คำถามในการวิจัย..... 8

สมมุติฐานของการวิจัย..... 9

ขอบเขตของการวิจัย..... 9

คำจำกัดความของการวิจัย..... 10

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

1. ประวัติความเป็นมาของกีฬารักบี้ฟุตบอล..... 13

2. ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)..... 18

3. การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic training)..... 22

4. การปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptations)..... 25

5. โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Post-activation Potentiation)..... 29

6. การพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา..... 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. การฝึกแบบเชิงซ้อน (Complex training) 33

8. การฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric training) 35

9. การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric loading) 38

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44

กรอบแนวคิดในการวิจัย 55

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 56

กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง 56

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 57

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 59

การวิเคราะห์ข้อมูล 61

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างการทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 64

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 68

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 70

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 72

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ . 74

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง 76

ตอนที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 78

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 80

สรุปผลการวิจัย 80

อภิปรายผลการวิจัย 82

ข้อจำกัดในการวิจัย 86

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 86

บรรณานุกรม 87

ภาคผนวก 97

ภาคผนวก ก การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) 98

ภาคผนวก ข การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 99

ภาคผนวก ค การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 104

ภาคผนวก ง การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก 108

ภาคผนวก จ การฝึกพลัยโอเมตริก 112

ภาคผนวก ฉ การทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง ในท่าแบค สควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ 115
ภาคผนวก ซ การทดสอบเก็บข้อมูลก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ 116
ภาคผนวก ฌ ตารางบันทึกผลการทดสอบ 121
ภาคผนวก ญ แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน 123
ภาคผนวก ฎ การประเมินคุณภาพ IOC 125
ภาคผนวก ฏ งบประมาณในงานวิจัย 132
ภาคผนวก ฐ ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 133
ประวัติผู้เขียน 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติหลักของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ 20

ตารางที่ 2 การฝึกแบบไม่ใช่ออกซิเจนสำหรับกีฬาต่างๆ 23

ตารางที่ 3 สมรรถภาพทางการกีฬาหลังจากฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน..... 24

ตารางที่ 4 วิธีการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ..... 32

ตารางที่ 5 วิธีการเพิ่มระดับความหนักในการฝึก..... 32

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของวงจรพลัยโอเมตริก..... 36

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก..... 64

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 66

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 68

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 69

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง..... 70

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 71

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ 72

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 74

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 75

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง..... 76

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง..... 77

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 78

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์..... 79

ตารางที่ 21 การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป..... 104

ตารางที่ 22 การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก..... 108

ตารางที่ 23 การฝึกพลัยโอเมตริก..... 112

ตารางที่ 24 ตารางการเก็บข้อมูลก่อนการฝึกและหลังการฝึก..... 116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 การทำงานของแอคตินและไมโอซิน 18

รูปที่ 2 วงจรของมัสเซิลสปินเดิล 21

รูปที่ 3 วงจรของกอลจิเท็นดอน ออแกน 22

รูปที่ 4 การปรับตัวของระบบประสาท 25

รูปที่ 5 การปรับตัวของหน่วยยนต์ 27

รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ 28

รูปที่ 7 สมรรถภาพทางกลไกพื้นฐานและสมรรถภาพที่เฉพาะเจาะจงที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานกันระหว่างสมรรถภาพทางกลไกพื้นฐาน 31

รูปที่ 8 กรอบแนวคิดผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย 55

รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิจัยผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย 62

รูปที่ 10 การคำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้จีพาวเวอร์ 98

รูปที่ 11 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้องอสะโพก 99

รูปที่ 12 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง 100

รูปที่ 13 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก 101

รูปที่ 14 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง 102

รูปที่ 15 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อหลังล่าง (ขณะแอ่นหลัง) 103

รูปที่ 16 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อหลังล่าง (ขณะโก่งหลัง) 103

รูปที่ 17 การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 106

รูปที่ 18 การฝึกเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริก 111

รูปที่ 19 การฝึกกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นจั้มพ์ 113

รูปที่ 20 อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีเลสเซอร์ 115

รูปที่ 21 แบบทดสอบพลังสูงสุด..... 117

รูปที่ 22 แบบทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง..... 118

รูปที่ 23 แบบทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร..... 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้สมรรรถภาพทางกายหลายด้าน ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength) พลังของกล้ามเนื้อ (Power) ความเร็วในการวิ่ง (Speed) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) และความอดทนทั่วไป (General endurance) เพื่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและแสดงทักษะพื้นฐานในการเล่นเกม เช่น การส่งบอล (Passing) การรับบอล (Catching) การเตะ (kicking) การหลบหลีก (Evading) การแท็คเคิล (Tackling) การผลัก (Pushing) การดึง (Pulling) ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญของรักบี้ (Butcher and Eaton, 1989)

กีฬารักบี้ฟุตบอลมีลักษณะเป็นกีฬาที่ต้องปะทะกัน ซึ่งผู้เล่นจะต้องทำกิจกรรมที่หนักในช่วงเวลาสั้นๆ โดยมีช่วงพักฟื้นของระยะเวลาที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้เล่น (Deutsch et al., 2007) ซึ่งจากการศึกษาของ Duthie และคณะ (Duthie et al., 2005) พบว่านักกีฬารักบี้มีความเร็วในการวิ่ง เฉลี่ยขึ้นอยู่กับตำแหน่งในการเล่น เช่น กองหน้า (Forward) และกองหลัง (Back) (ระหว่าง 11 ครั้ง ในตำแหน่งกองหน้า และ 27 ครั้ง ในตำแหน่งกองหลัง ต่อเกม) ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent sport) และใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่หลายรูปแบบ (Tempo changes) มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ระดับสูง (High-intensity sprinting) สลับกับความเร็วในการเคลื่อนที่ระดับต่ำ (Low-intensity running) (Biscombe and Tand Drewett, 2010) และมีการวิ่งเคลื่อนที่หลายทิศทาง (Multi-directional running) (Wellman et al., 2016) ด้วยความต้องการที่หลากหลายของเกมรักบี้ฟุตบอล การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังของกล้ามเนื้อ จึงเป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จในกีฬาประเภทนี้ (Huw et al., 2009) เพราะเป็นส่วนช่วยให้สามารถถ่ายโยงไปถึงความสามารถในการใช้ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬารักบี้ การวางแผนการพัฒนาความแข็งแรงจึงเป็นเรื่องสำคัญ ดังนั้นรูปแบบการฝึกที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังของกล้ามเนื้อได้ในเวลาเดียวกัน จึงเป็นรูปแบบการฝึกที่มีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการฝึกสมรรถภาพทางกายลง ทำให้สามารถฝึกพัฒนาทักษะและมีช่วงเวลาพักเพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นตัวมากขึ้น ซึ่งรูปแบบนั้นคือ การฝึกเชิงซ้อน

การฝึกแบบเชิงซ้อน (Complex training) เป็นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริกทันทีในแต่ละชุด โดยใช้ท่าฝึกที่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันเพื่อให้เกิดพลังระเบิด (Explosive Power) และเป็นการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยอาศัยการกระตุ้นของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Post-activation Potentiation หรือ PAP) ซึ่งทำให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการหดตัวครั้งก่อนหน้า (Docherty and Hodgson, 2004) ซึ่งสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ รวมไปถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ (Ingle, Sleap, and Tolfrey, 2006; Mihalik et al., 2008; Santos and janeira, 2008; Juarez,

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Gonzalez-rave, and Navarro, 2009; MacDonald, lamont, and Garner, 2012; Miller, koh, and Park, 2014) จากการศึกษาของ Chu (Chu, 1996) พบว่า การฝึกแบบเชิงซ้อนสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว จากการศึกษาของ Comyns และคณะ (Comyns et. al., 2006) , Hultman และคณะ (Hultman et al., 1967) , ถาวร กมุทศรี (2550) , สุหัท ภู่ทอง และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) , ศราวุฒิ คุณาธรรม และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2549) พบว่า เพื่อกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อที่มีจำนวนมากหลังจากฝึกด้วยน้ำหนัก แล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกภายใน 30 วินาที จะทำให้ร่างกายดึงหน่วยยนต์จากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว มาทำงานด้วยการหดตัวและออกแรงให้ได้มากที่สุด เพื่อพัฒนาการฝึกเชิงซ้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการฝึกเชิงซ้อนทั่วไปจะใช้การฝึกด้วยน้ำหนักแบบทั่วไป กล่าวคือ เป็นการฝึกด้วยน้ำหนักที่กำหนดความหนักของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และคอนเซ็นตริก ด้วยความหนักเดียวกัน ซึ่งสามารถใช้พัฒนาความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อได้ (Jones et al., 2016; Douglas et al., 2017) แต่เนื่องจากความหนักที่ใช้ในการฝึกด้วยน้ำหนักแบบทั่วไปสามารถกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้เพียงอย่างเดียว แต่ไม่เพียงพอต่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกได้ จึงมีงานวิจัยที่ได้ประยุกต์การฝึกด้วยน้ำหนักแบบทั่วไป โดยฝึกช่วงเอกเซ็นตริกอย่างเดียว (ใช้ความหนักในการฝึก 110-140% หนึ่งอาร์เอ็ม) พบว่าสามารถพัฒนาความแข็งแรงของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และยังสามารถถ่ายโยงไปเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้อีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบทั่วไป (Helmi et al., 2018 ; Christian, 2013) และได้มีการนำเอาการฝึกแบบเอกเซ็นตริกอย่างเดียวไปประยุกต์กับการฝึกเชิงซ้อน จากงานวิจัยของ รณภพ ชาวปลายนา และทศพร ยิ้มลมัย (2561) ได้ทำการเปรียบเทียลการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริก (ช่วงเอกเซ็นตริก 120% ของหนึ่งอาร์เอ็ม) กับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก : 80/80% หนึ่งอาร์เอ็ม) พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรการยืดออกและหดสั้นเข้าจากการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกไม่แตกต่างกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อาจเป็นเพราะว่ากลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกได้ออกแรงต้านเพียงอย่างเดียวในช่วงเอกเซ็นตริก โดยไม่ได้ออกแรงในช่วงคอนเซ็นตริก เนื่องจากการฝึกแบบเอกเซ็นตริกอย่างเดียวมีข้อจำกัดตรงที่นักกีฬาได้เคลื่อนไหวเพื่อออกแรงต้านน้ำหนักในช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกอย่างเดียว ช่วงของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกไม่ได้มีการเคลื่อนไหว จึงมีการคิดค้นรูปแบบการฝึกที่สามารถกำหนดความหนักการทำงานแบบเอกเซ็นตริกที่มากกว่าความหนักของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก เพื่อให้สามารถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้ทั้งเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริก วิธีนั้นเรียกว่า การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric loading)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก พบว่า รูปแบบการฝึกนี้สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และความเร็วในการหดตัว ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไป (Cook et al., 2013; Douglas et al., 2017; Liu et al., 2013; Douglas et al., 2017; Roig et al., 2009) เพราะ การฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะช่วยเพิ่มการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความยาวที่มากขึ้น เนื่องจากมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อที่มากขึ้น (Gane and Gaunt, 1991 ; Griffiths, 1991) มีการสะสมของพลังงานการยืดของกล้ามเนื้อในช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก แล้วไปเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ที่ทำงานสลับกันไป (Komi and Bosco, 1978; Bobbert, 1987; Cronin et al., 2001) ซึ่งกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อ และส่งสัญญาณประสาทไปยังช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่นได้มากขึ้น (Bobbert, 1996) การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเลือกหน่วยยนต์ให้มารวมกัน จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด แล้วการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังมีกระบวนการนำเข้าสัญญาณประสาทที่หลากหลายกว่า เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric contraction) (Moore et al., 2007; Duchateau and Enko, 2016; Kay, 2000) ด้วยวิธีการฝึกนี้มีหลักฐานว่ามีการเปลี่ยนไปในไมโอซินเฮฟวี่เชน (Myosin heavy chain) ที่เร็วขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (Cross-sectional area) รวมไปถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptation) (Aagaard et al., 2002 ; Tesch, 1988 ; Friedmann et al., 2004 ; Friedmann et al., 2010) ซึ่งรูปแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกนี้ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เสริมน้ำหนัก เพื่อเพิ่มความหนักในช่วงเอกเซ็นตริก และสามารถหลุดออกในช่วงคอนเซ็นตริกได้ นั้นก็คือ อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ (Weight releaser) จากการศึกษาของ Yarrow และคณะ (Yarrow et al., 2007 ; Yarrow et al., 2008) ที่ทำการฝึกการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก : 100/40 หนึ่งอาร์เอ็ม ผลการวิจัยพบว่า ความหนักในช่วงเอกเซ็นตริกไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นหรือการตอบสนอง ในฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) และการศึกษาของ Brandenburg และ Docherty (Brandenburg and Docherty, 2002) ที่ได้ทำการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก: 120/70 และ 120/75 หนึ่งอาร์เอ็ม ผลการศึกษาพบว่า ช่วงคอนเซ็นตริกไม่พบความเปลี่ยนแปลงใดๆ ในทุกความหนักของการฝึก แต่จากการศึกษาของ Godard และคณะ (Godard et al., 1998) พบว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก: 120/80% หนึ่งอาร์เอ็ม มีการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ และการระดมหน่วยยนต์ที่ดีขึ้น และในช่วงเอกเซ็นตริกสามารถพัฒนาความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ (Hortonagyi et al., 1996 ; Vikne et al., 2006) สอดคล้องกับ การศึกษาของ John และคณะ (John et al., 2018) ที่พบว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คอนเซ็นตริก : 105/80% หนึ่งอาร์เอ็ม ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในอัตราการเกิดแรงในช่วงเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริก พลังของกล้ามเนื้อ ขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น มัสเซิล สปินเดิล (Muscle spindles) ทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้น (Cromie et al., 2010) รวมถึงการยึดติดของสะพานเชื่อม (Cross-bridges) ที่ไหลผ่านแคลเซียมที่ดีมากขึ้น (Bobbert et al., 1996) ดังนั้นการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ เมื่อกำหนดความหนักช่วงเอกเซ็นตริกประมาณ 105-120% หนึ่งอาร์เอ็ม และช่วงคอนเซ็นตริกตั้งแต่ 80% หนึ่งอาร์เอ็ม เป็นต้นไป

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการฝึกเชิงซ้อนสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ รวมถึงความเร็วในนักกีฬาได้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะนำการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกไปแทนการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไป เพราะการเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริก ช่วยให้กล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริกได้ สามารถเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเลือกหน่วยยนต์ให้มารวมกัน แล้วไปกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หลากหลายกว่า จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด และจะส่งผลทำให้การฝึกพลัยโอเมตริกทำงานได้ดีขึ้นตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย โดยกำหนดความหนักช่วงของเอกเซ็นตริก 105% หนึ่งอาร์เอ็ม เพราะยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ รวมถึงเป็นการประยุกต์ร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริกในรูปแบบการฝึกเชิงซ้อน และเพื่อลดการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นกับนักกีฬา ผู้วิจัยจึงเลือกความหนักที่น้อยสุดที่สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกได้ (John et al., 2018) และใช้ช่วงของคอนเซ็นตริกที่ 90% หนึ่งอาร์เอ็ม เพราะสามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อและสามารถระดมหน่วยยนต์ประสาทกล้ามเนื้อได้ดี (Bogdanis et. al., 2018; Chatzinikolaou et. al., 2018; เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ 2549) ในการวิจัยนี้มีการใช้อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ เพื่อเพิ่มความหนักในช่วงเอกเซ็นตริก และสามารถหลุดออกในช่วงคอนเซ็นตริกได้ นั้นก็คือ จากนั้นตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก โดยมีการพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกพลัยโอเมตริก 30 วินาที

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย
2. เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

คำถามในการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายได้หรือไม่

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลได้

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักกีฬารักบี้ฟุตบอล ชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-25 ปี จำนวน 40 คน

กลุ่มตัวอย่าง นักกีฬารักบี้ฟุตบอล ชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-25 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 15 คน มีดังนี้

กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric complex training)

กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training)

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึก 2 รูปแบบ ได้แก่

1. โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก
2. โปรแกรมการฝึกแบบทั่วไป

ตัวแปรตาม คือ สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ได้แก่

1. พลังของกล้ามเนื้อ (Muscular power)
   1.1 พลังสูงสุด (Peak power)
   1.2 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (Peak ground reaction force)
   1.3 ความเร็วสูงสุด (Peak velocity)
2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength)
   2.1 ความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength)
   2.2 แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (Peak torque knee extension)
   2.3 แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (Peak torque knee flexion)
   2.4 ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (Reactive strength index)
3. ความเร็วระยะ 40 เมตร (Speed)

ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเก็บข้อมูล คือ

1. ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ห้องปฏิบัติการชีวกลศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2563

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Traditional complex training) หมายถึง การฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 90/90% หนึ่งอาร์เอ็ม) จำนวน 4 ครั้ง พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยท่าเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (Counter-movement jump) จำนวน 12 ครั้ง

การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric loading complex training) หมายถึง การฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 105/90% หนึ่งอาร์เอ็ม) จำนวน 4 ครั้ง พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ด้วยท่าเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (Counter-movement jump) จำนวน 12 ครั้ง

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา (Leg muscular performance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่ทำงานได้อย่างประสิทธิภาพ มีองค์ประกอบดังนี้

1. พลังของกล้ามเนื้อ **(Muscular Power)** หมายถึง ความสามารถของกลุ่มกล้ามเนื้อขาในการออกแรงพลังระเบิดได้มากที่สุดและเร็วสุด โดยแบ่งเป็น

1.1 พลังสูงสุด (Peak power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาในการหดตัวออกแรงได้มากที่สุดและเร็วที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อขา โดยทำการทดสอบท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ทำการทดสอบด้วยเครื่องตรวจรับแรงกระแทก มีหน่วยเป็น วัตต์ (Cook et al., 2013)

1.2 แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (Peak ground reaction force) หมายถึง ความสามารถในการออกแรงกระโดดในแนวดิ่งจากพื้น ที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ของช่วงเวลาที่เกิดพลังสูงสุด โดยทำการทดสอบท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ทำการทดสอบด้วยเครื่องตรวจรับแรงกระแทก มีหน่วยเป็น นิวตัน (Cook et al., 2013)

1.3 ความเร็วสูงสุด (Peak velocity) หมายถึง ความเร็วในการกระโดด ที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า กระโดดขึ้นในแนวดิ่งจนถึงจุดสูงสุด ของช่วงเวลาที่เกิดพลังสูงสุดในแต่ละครั้ง โดยทำการทดสอบท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ทำการทดสอบด้วยเครื่องตรวจรับแรงกระแทก มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (Cook et al., 2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) หมายถึง ความสามารถของกลุ่มกล้ามเนื้อขาในการออกแรงสูงสุดเพื่อเอาชนะแรงต้าน โดยแบ่งเป็น

2.1 ความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อขาที่สามารถออกแรงได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง ในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบโดยการหาค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ทำการทดสอบด้วยเครื่องสมิธแมชชีน มีหน่วยเป็น เท่าต่อน้ำหนักตัว (Haff and Triplett, 2015)

2.2 แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (Peak torque knee extension) หมายถึง ความสามารถในการออกแรงบิดสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้สูงสุด ทำการทดสอบด้วยเครื่องไอโซคิเนติกส์ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร (Scott et al., 2014)

2.3 แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (Peak torque knee flexor) หมายถึง ความสามารถในการออกแรงบิดสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้องอเข่า ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้สูงสุด ทำการทดสอบด้วยเครื่องไอโซคิเนติกส์ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร (Scott et al., 2014)

2.3 ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (Reactive strength index) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อขา ที่ประกอบด้วยการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว แล้วตามด้วยการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่รวดเร็วและทรงพลัง โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้ท่าการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ (Drop jump) บนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก มีหน่วยเป็น นิวตันต่อวินาที (Beattie et al., 2016)

3. ความเร็วระยะ 40 เมตร (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในการวิ่งด้วยระยะเวลาอันสั้นที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบเวลาในการวิ่งที่ระยะ 40 เมตร ด้วยอุปกรณ์ Swift speed Light timing gate มีหน่วยเป็น วินาที (Gabbett, 2000)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลได้

2. ได้งานวิจัยที่เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา รวมทั้งเพื่อใช้ในการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับรูปแบบในการประยุกต์ในรูปแบบใหม่ต่อไป

3. เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและทดลองเกี่ยวกับการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. ประวัติความเป็นมาของกีฬารักบี้ฟุตบอล
    - 1.1 กีฬารักบี้ฟุตบอลในประเทศไทย
    - 1.2 ลักษณะการเล่นกีฬารักบี้ฟุตบอล
    - 1.3 ตำแหน่งการเล่นในกีฬารักบี้ฟุตบอล
    - 1.4 สมรรถภาพทางกายที่สำคัญกับกีฬารักบี้ฟุตบอล
2. ระบบกล้ามเนื้อ
    - 2.1 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ
    - 2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ
    - 2.3 โพรพริโอเซปชั่น
3. การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน
4. การปรับตัวของระบบประสาท
    - 4.1 การปรับตัวของระบบส่วนกลาง
    - 4.2 การปรับตัวของหน่วยยนต์
    - 4.3 การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ
    - 4.4 การเปลี่ยนชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ
5. โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น
    - 5.1 เหตุผลทางสรีรวิทยา
    - 5.2 คุณสมบัติการหดตัวแบบการกระตุกในกล้ามเนื้อ
6. การพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา
    - 6.1 สมรรถภาพทางกลไก
    - 6.2 การฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ
    - 6.3 ความหนักที่ใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ
7. การฝึกแบบเชิงซ้อน
8. การฝึกพลัยโอเมตริก
    - 8.1 ประโยชน์ของการฝึกพลัยโอเมตริก
9. การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก
    - 9.1 ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก
    - 9.2 กลไกที่ทำให้เกิดศักยภาพของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ
    - 10.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ประวัติความเป็นมาของกีฬารักบี้ฟุตบอล

เบญจพล เบญจพลากร (2544) ได้กล่าวว่า ความเป็นมาและต้นกำเนิดของกีฬารักบี้ฟุตบอลนั้น ไม่ได้มีการบันทึกอย่างเป็นทางการว่ามีที่มาอย่างไร แต่เป็นที่กล่าวถึงกันโดยทั่วไปว่า กีฬารักบี้ฟุตบอลนั้นมีต้นกำเนิดมาจากกีฬาฟุตบอลของประเทศอังกฤษ โดยในได้ขณะนั้นกีฬาฟุตบอลได้ถูกบรรจุลงในหลักสูตรการเรียนการสอนของโรงเรียนมัธยมที่มีชื่อเสียง รวมถึงโรงเรียน Rugby School ณ ตำบล Rugby ซึ่งที่นี่ได้เป็นต้นกำเนิดของกีฬารักบี้ฟุตบอล โดยในปี ค.ศ.1823 มีนักเรียนคนหนึ่งชื่อ William Webb Ellis กำลังเล่นกีฬาฟุตบอลอยู่กับเพื่อนๆ ระหว่างการเล่นนั้นเขาได้หยิบลูกบอลแล้ววิ่งไปยังประตูของฝั่งตรงข้าม โดยที่ยังถือลูกบอลนั้นไว้ในมือ และจากการกระทำนั้นจึงทำให้เกิดเกมกีฬาชนิดใหม่ที่มีลักษณะการเล่นตามแบบการกระทำของ William Webb Ellis และยังเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในเวลาอันรวดเร็ว

แม้ว่ากีฬารักบี้จะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น หากแต่ในตอนเริ่มต้น กีฬารักบี้เป็นกีฬาที่มีลักษณะการเล่นที่รุนแรง ก้าวร้าว ส่งผลให้ผู้ที่เล่นนั้นได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตอยู่เสมอ โดยได้มีการบันทึกไว้ว่าในช่วงปี ค.ศ. 1890 – 1893 มีผู้เล่นที่เสียชีวิตจากการเล่นกีฬารักบี้ฟุตบอลในประเทศอังกฤษมากถึง 71 คน ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัยให้แก่ผู้เล่น และยังเป็นการเผยแพร่กีฬารักบี้ฟุตบอลให้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น จึงมีการแก้ไขปรับปรุงกติกาการเล่นรักบี้ฟุตบอล ให้มีความเหมาะสมและมีความปลอดภัยมากขึ้นอยู่เสมอ

ปัจจุบันได้มีองค์กรที่คอยควบคุมดูแลเกี่ยวกับการแข่งขันรักบี้ นั่นก็คือ คณะกรรมการรักบี้ฟุตบอลนานาชาติ หรือ International Rugby Board (IRB) ซึ่งมีต้นกำเนิดในปีค.ศ.1884 ในแข่งขันระหว่างทีมชาติอังกฤษ กับทีมชาติสกอตแลนด์ เมื่อผู้เล่นทีมชาติอังกฤษ สามารถนำลูกเข้าไปวางทรัยในเขตของทีมชาติสกอตแลนด์ได้ แต่ผู้ตัดสินได้ปฏิเสธที่จะให้เป็นคะแนน เนื่องจากก่อนหน้านี้ทีมชาติสกอตแลนด์ได้มีการทำผิดกติกาก่อน อีกทั้งทางผู้เล่นฝั่งทีมชาติอังกฤษได้โต้แย้งว่า ถ้าเป็นเช่นนั้นก็ควรที่จะเป็นการได้เปรียบในการเล่นของทางฝั่งอังกฤษ และนอกจากนี้กติการักบี้ฟุตบอล เป็นกติกาที่ชาวอังกฤษได้คิดค้น ดังนั้นเมื่อคนอังกฤษบอกว่าต้องให้คะแนนในการวางทรัยนี้ มันก็ควรจะต้องเป็นเช่นนั้น โดยเหตุการณ์ทั้งหมดนั้น สร้างความไม่พอใจให้กับชาติอื่นๆเป็นอย่างมาก ดังนั้นในปีต่อมาสกอตแลนด์ ไอร์แลนด์ และเวลล์ ได้รวมตัวกันก่อตั้งคณะกรรมการรักบี้ฟุตบอลนานาชาติขึ้น ซึ่งในช่วงแรกอังกฤษไม่ยอมเข้าร่วมในคณะกรรมการนี้ ทำให้เกิดการคว่ำบาตรอีกทั้งประเทศสมาชิกรวมตกลงกันที่จะไม่ทำการแข่งขันร่วมกับประเทศอังกฤษ แต่ต่อมาในปี ค.ศ. 1890 ประเทศอังกฤษได้ยินยอมที่จะเข้าร่วมและยอมรับที่จะให้คณะกรรมการรักบี้ฟุตบอลนานาชาติ ทำหน้าที่เป็นผู้ดูแลและควบคุมกีฬารักบี้ฟุตบอล

ปัจจุบันคณะกรรมการรักบี้นานาชาติ ได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น รักบี้โลก หรือ World Rugby ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดการแข่งรักบี้นานาชาติในรายการต่างๆ อาทิเช่น World Rugby Seven Series, Rugby World Cup Sevens, World Under 20 Championship และ Pacific Nations Cup โดยรักบี้โลก มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่เมืองดับลินส์ ประเทศไอร์แลนด์ มีสมาชิกจำนวน 120 ประเทศทั่วโลก โดยสมาชิกในแต่ละประเทศนั้นจะต้องเป็นสมาชิกของหนึ่งในหกสมาพันธ์ซึ่งแบ่งเป็น แอฟริกา อเมริการเหนือ เอเชีย ยุโรป อเมริกาใต้และโอเชียเนีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1 กีฬารักบี้ฟุตบอลในประเทศไทย

กีฬารักบี้ฟุตบอลในประเทศไทยนั้น มีต้นกำเนิดมาจากชาวยุโรปถึงที่เข้ามาทำการค้าหรือเป็นครูสอนหนังสือในประเทศ ได้นำกีฬารักบี้เข้ามาเผยแพร่ ซึ่งการแข่งขันรักบี้ในประเทศไทยในครั้งแรกนั้น ได้จัดขึ้นในปี พ.ศ. 2544 ณ บริเวณทุ่งพระสุเมรุหรือท้องสนามหลวงในปัจจุบัน โดยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้พระราชทานให้ใช้ที่ดินว่างเปล่าบริเวณทุ่งสระปทุมวันให้เป็นสถานที่เล่นกีฬาสำหรับชาวต่างชาติที่มาอาศัยอยู่ในประเทศไทย ทำให้เกิดสโมสรกีฬาหลายชนิด รวมทั้งสโมสรกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งยังมีการเล่นกันมาอย่างต่อเนื่องจนถึงในปัจจุบัน ต่อมาบริเวณทุ่งสระปทุมวันนั้นได้ถูกเปลี่ยนชื่อมาเป็น ราชกรีฑาสโมสร ในปัจจุบัน

ในช่วงแรก มีเพียงชาวต่างชาติที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยเท่านั้นที่เล่นกีฬารักบี้ฟุตบอล ต่อมาก็ยังมีชาวไทยที่ไปศึกษาต่อ ณ ประเทศอังกฤษและได้มีโอกาสเล่นกีฬารักบี้ ได้นำกีฬารักบี้กลับมาเผยแพร่กันในหมู่คนไทย จึงได้เริ่มมีการจัดการแข่งขันชิงถ้วยรางวัล Hamsairs ซึ่งเป็นการแข่งขันระหว่างทีมอังกฤษและทีมสกอตแลนด์ นอกจากนี้ยังมีทีมรวมนานาชาติรวมไปถึงคนไทยอีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2472 พระสุทัศน์พงศ์พิสุทธิ์ (มล.กิ่ง สุทัศน์) ได้รวบรวมข้าราชในกรมไปรษณีย์โทรเลข และหน่วยงานอื่นๆ เช่น อาจารย์เจือ จักษุรักษ์ นายไชย เตชะเสน และนายสกนธ์ ศาสตรภัย ให้มาหัดเล่นรักบี้ฟุตบอล โดยได้ใช้สนามของโรงเรียนวชิราวุธวิทยาลัย เป็นสถานที่ฝึกหัด อีกทั้งยังได้อนุญาตให้นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในชั้นโตได้มาเข้าร่วมฝึกด้วย

ในปี พ.ศ. 2481 ในกรมหมื่นพิพิทยาลงกรณ์ ได้มีดำริที่จะจัดตั้งสมาคมรักบี้ฟุตบอลขึ้น โดยใช้ชื่อว่า Siam Rugby Football Union ซึ่งมีที่ทำการอยู่ที่ราชกรีฑาสโมสร โดยมีกรมหมื่นพิพิทยาลงกรณ์เป็นองค์นายกสมาคมคนแรก และในปี พ.ศ. 2482 ได้มีการแข่งขันรักบี้ระหว่างสมาชิกเป็นครั้งแรก โดยใช้ชื่อถ้วยรางวัลว่า “บริติชเคาน์ซิล” (British Council Cup) และยังได้มีการจัดการแข่งขันกันมาจนถึงปัจจุบันนี้ หลังจากนั้นก็ได้มีการจัดการแข่งขันขึ้นอีกหลายรายการ รวมถึงการแข่งขันประเภทนักเรียน โดยในปีแรกนั้นทีมโรงเรียนเตรียมนายเรือได้รับรางวัลชนะเลิศ และได้รับถ้วยรางวัลชนะเลิศจากพระราชวรวงศ์เธอ กรมหมื่นพิพิทยาลงกรณ์ หลวงพิบูลสงคราม อดีตอธิการบดีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และหลวงประดิษฐ์มนูธรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 ลักษณะการเล่นกีฬารักบี้ฟุตบอล

Brian และคณะ (Brian et al., 2011) กล่าวว่ากีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ประกอบด้วยผู้เล่น 2 ทีม จำนวนผู้เล่นทีมละ 15 คน ที่ใช้ในสนาม แต่ละทีมประกอบด้วยกองหน้า 8 คน และกองหลัง 7 คน ผู้เล่นแต่ละคนมีตำแหน่งและบทบาทที่กำหนด เกมดังกล่าวเล่นเป็นเวลาทั้งหมด 2 ครึ่ง ครึ่งละ 40 นาที โดยมีการหยุดในการเล่นสำหรับการบาดเจ็บ การเตะลูกโทษ และความพยายามในการทำให้ลูกบอลออกจากการเล่น

ในระหว่างการเล่นผู้เล่นรักบี้จะมีการเคลื่อนไหวที่รุนแรงและการใช้พลังงานเป็นระยะๆ (เช่น การวิ่งสปริน การกระโดด และการเปลี่ยนทิศทาง) เป็นระยะในการโจมตีและป้องกันระยะการเล่น (Duthie et al., 2002 ; Nicholas, 1997 ; Roberts et al., 2008) โดยทั่วไปความต้องการของเกมเหล่านี้จำเป็นต้องมีกองหน้าและกองหลังเพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะทางกายภาพเฉพาะตำแหน่ง (Holway et al., 1996 ; Quarrie et al., 1995) ตำแหน่งกองหน้ามักจะเกี่ยวข้องกับการแข่งขันทางกายภาพเช่น การทำรัค และการทำมอล เพื่อให้ได้ครอบครองบอลดังนั้นจึงต้องมีระดับความแข็งแกร่ง

และพลังที่เหมาะสม ในขณะที่กองหลังทำหน้าที่พาบอลไปทำคะแนน ผู้เล่นทุกคนในกีฬารักบี้ฟุตบอลจะต้องแข่งขันและรักษาการครอบครองบอลพร้อมกับการแสดงบทบาทเฉพาะในตำแหน่งของกองหน้าและกองหลัง ความต้องการทางกายภาพและแนวคิดเกมเหล่านี้เป็นความแตกต่างพื้นฐานระหว่างสมาคมรักบี้ฟุตบอลและรักบี้ฟุตบอลประเภทอื่นๆ เช่นรักบี้ลีก (Duthie et al., 2003 ; Mark, 1998 ; Marks and Burkett, 1998) ความเป็นมืออาชีพในกีฬารักบี้ฟุตบอลได้ให้ความสำคัญกับความแข็งแรงและการปรับสภาพในฐานะองค์ประกอบสำคัญสำหรับความสำเร็จ

1.3 ตำแหน่งการเล่นในกีฬารักบี้ฟุตบอล

วิชัย อิงปัญจลาภ (2538) กล่าวว่า การเล่นกีฬารักบี้ฟุตบอลก็เหมือนกีฬาประเภทอื่นๆ ทั่วไปที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์ของผู้เล่นเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้การเล่นดำเนินไปได้ดี โดยมีผู้เล่นทีมละ 15 คน ตามตำแหน่งของผู้เล่นดังนี้

1. พร็อปซ้าย (Loose Head Porp) แถวหน้าซ้าย
2. ฮุคเกอร์ (Hooker) ตัวกลางแถวหน้า
3. พร็อบขวา (Tight Head Prop) แถวหน้าขวา
4. แถวสองซ้าย (Left Lock)
5. แถวสองขวา (Right Lock)
6. แฟรงเกอร์ซ้าย (Left Flanker)
7. แฟรงเกอร์ขวา (Right Flanker)
8. ผู้เล่นหมายเลข 8 (Number Eight)
9. สกรัมฮาล์ฟ (Srum Half)
10. ฟรายฮาล์ฟ (Fly Half)
11. ปีกซ้าย (left Wing)
12. เซนเตอร์ซ้าย (Left Center , In Side)
13. เซนเตอร์ขวา (Right Center , Out Side)
14. ปีกขวา (Right Wing)
15. ฟูลแบ็ค (Full Back)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งผู้เล่นแต่ละตำแหน่งต้องพยายามทำหน้าที่ของตนเองให้ดีที่สุด ต้องมีการฝึกซ้อมอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นทักษะส่วนบุคคล เทคนิคในการเล่น และยุทธวิธีในการเล่นรวมทั้งสมรรถภาพทางกายด้วย การยืนของแต่ละตำแหน่งแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

1. ผู้เล่นกองหน้า (Forward Players)
2. ผู้เล่นกองหลัง (Back players)

1.4 สมรรถภาพทางกายที่สำคัญกับกีฬารักบี้ฟุตบอล

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จในการเล่นกีฬาเช่น กีฬารักบี้ฟุตบอล (Baker and Newton, 2008 ; Comfort et al., 2011 ; Crewther et al., 2011) โดยเฉพาะทักษะต่างๆที่ใช้ในการเล่นรักบี้ เช่น การทำสกรัม การทำมอล การแท็คเคิล เป็นต้น น้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุด 1 ครั้ง ในท่าแบ็คสควอท ท่าเบนเพลส

และท่ายกน้ำหนัก เป็นรูปแบบการฝึกที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการประเมินความแข็งแรงสูงสุดในนักกีฬารักบี้ที่ผ่านการฝึกที่ระดับสูง (Argus et al., 2009 ; Baker and Newton, 2006 ; Hansen et al., 2011 ; Comfort, 2012) พลังการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก (พลังสูงสุดและพลังเฉลี่ย) และความสูงของการกระโดด เป็นตัวแปรที่มีประสิทธิภาพโดยทั่วไปมากที่สุดภายในกีฬารักบี้ฟุตบอล (Baker, 2001 ; Bevan et al., 2010 ; Cronin and Hansen, 2005) พลังสูงสุดสามารถกำหนดเป็นค่าสูงสุดทันทีที่เกิดขึ้นในช่วงคอนเซ็นตริก ที่อยู่ในช่วงของการกำหนดความหนัก

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และขีดความสามารถสูงสุด เช่น แรง อัตราความเร็ว และพลังของกล้ามเนื้อ เป็นสิ่งที่สำคัญมากในการแข่งขันในกีฬารักบี้ฟุตบอลในระดับมืออาชีพ รักบี้ฟุตบอลได้มีการรวมทักษะเฉพาะต่างๆของเกมการแข่งขัน จะมีการใช้แรงในการเล่น (เช่น การทำสกรัม การทำมอล การยกไลน์เอ้า) การใช้พลังของกล้ามเนื้อ (เช่น การแท็คเคิล การกระโดด การเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทาง) และการใช้ความเร็ว (เช่น การวิ่งสปริน การโต้กลับในการเล่น การป้องกันในเกมรับ การเตะลูก และการส่งลูก) ในการกระทำที่ถูกควบคุม โดยทั่วไปแล้วผู้เล่นในตำแหน่งกองหน้า จะมีการออกแรงที่เยอะในตลอดเกมการแข่งขัน เช่น การแท็คเคิล การทำรัค การทำมอล และการปะทะกันในเกม ในทางตรงกันข้ามของผู้เล่นในตำแหน่งกองหลัง ที่จะเน้นไปทางด้านความเร็วมากกว่า เช่น การวิ่งสปรินสูงสุด และการเตะลูก ในขณะที่บางตำแหน่ง (เช่น ตำแหน่งแฟรงเกอร์ซ้ายและขวา และตำแหน่งผู้เล่นหมายเลข 8) มีแนวโน้มที่จะทำงานรวมกันของการใช้แรง ความเร็ว และการใช้พลังงานในงานเฉพาะ (Quarrie et al., 2013) ความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง และความสามารถในการวิ่ง โดยมีการเคลื่อนไหวที่น้อยที่สุดในความแข็งแรงสูงสุด ในท่าสควอท หรือการกระโดด ทั้งสองกรณีที่นำเสนอข้างต้นบ่งบอกถึงการใช้ประสิทธิภาพทางกายภาพ เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงสูงสุด พลังของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการวิ่งสูงสุด ในผู้เล่นรักบี้ระดับมืออาชีพ สามารถเห็นได้ชัดเจนจากสองตัวอย่างที่ผู้เล่น A และ B ปรับให้เข้ากับความผันแปรเล็กๆ ของการฝึกที่มีเป้าหมายที่ชัดเจน โดยการฝึกสอนต้องมีการสังเกตการณ์ของโค้ชที่ชัดเจน ควรทำการฝึกภาคสนามให้ลดลง และเสริมการฝึกที่มีประสิทธิภาพทางกายภาพที่มากขึ้น

เบญจพล เบญจพลากร (2544) กล่าวว่า ในการที่จะทำคะแนนในกีฬารักบี้ฟุตบอลนั้น วิธีที่เป็นพื้นฐานที่สุดคือ การนำลูกเข้าไปกดในเขตประตูหรือเขตทรัยของฝั่งตรงข้าม ซึ่งกว่าที่จะนำลูกเข้าไปในเขตดังกล่าวได้นั้น ผู้เล่นที่ครอบครองลูกจะต้องพบกับการสกัดกั้นหรือแทคเกิลจากผู้เล่นฝ่ายตรงข้าม หากฝ่ายบุกไม่สามารถครอบครองลูกผ่านการป้องกันนี้ไปได้ การทำคะแนนด้วยการวางทรัยก็จะไม่มีทางเกิดขึ้นได้ ดังนั้นทักษะในการวิ่งต่างๆ จึงเป็นอีกหนึ่งทักษะที่มีความสำคัญสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

โดยพื้นฐานแล้ว วิธีในการวิ่งผ่านคู่ต่อสู้ที่ง่ายที่สุดก็คือการวิ่งอ้อมคู่ต่อสู้ อย่างไรก็ตามการจะวิ่งอ้อมคู่ต่อสู้นั้นไม่สามารถทำได้ง่ายนัก เพราะการที่จะวิ่งอ้อมนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความเร็วมากกว่าที่มากกว่าคู่ต่อสู้อย่างเห็นได้ชัด และอีกอย่างหนึ่งก็คือ การที่ผู้เล่นวิ่งอ้อมขวางสนามนั้น จะทำให้ฝ่ายป้องกัน สามารถที่จะป้องกันได้ง่ายขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเปิดทางและดักลูกส่ง หรือการบีบทางในการวิ่งของผู้ครอบครองลูก ดังนั้นผู้เล่นจึงควรจำไว้เสมอว่า ควรที่จะวิ่งให้เป็นเส้นตรงขึ้นไปข้างหน้าให้มากที่สุด และด้วยลักษณะการวิ่งเป็นเส้นตรงนี้ ทำให้ผู้ครอบครองลูกมีวิธีที่นะวิ่งผ่านฝ่ายป้องกันได้ 4 วิธี

คือ การวิ่งแบบเสต็ปออกด้านข้าง (Side-step) การวิ่งแบบหักหลบ (Swerve) การใช้มือผลักคู่ต่อสู้ในขณะวิ่ง (Hand off) และการหลอกคู่ต่อสู้ด้วยการหลอกว่าจะส่งลูก (Dummy)

การวิ่งแบบเสต็ปออกด้านข้าง เมื่อฝ่ายป้องกันวิ่งเข้ามาสกัดกั้นผู้ครอบครองลูกสามารถที่จะเปลี่ยนทิศทางในการวิ่งเพื่อหลบหลีกการแทคเกิลของฝ่ายป้องกัน ซึ่งอาจจะทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อเห็นฝ่ายตรงข้ามวิ่งเข้ามา ผู้ครอบครองลูกจะต้องกะจุดที่ตนจะลงน้ำหนักเท้าหลักเพื่อเป็นจุดส่งแรง ซึ่งน้ำหนักของผู้วิ่งจะต้องตกลงบนเท้านี้

2. ถีบเท้าหลักออกทางด้านข้างหรือเฉียงออกทางด้านข้าง แล้วใช้เท้าอีกข้างหนึ่งวางลงเพื่อรับน้ำหนัก

3. ก้าวเท้าที่เคยเป็นเท้าหลักตามมา โดยอาจจะวางลงไปในทิศทางที่ขนานกับทิศทางการวิ่งเดิม หรือออกทางเฉียงไปเลยก็ได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เล่นจะต้องเพิ่มความเร็วในการวิ่งให้สูงที่สุด

ในการวิ่งแบบเสต็ปออกด้านข้างนี้ ผู้เล่นควรที่จะลดความเร็วลงเล็กน้อยก่อนที่จะเปลี่ยนทิศทางเพราะการเปลี่ยนทิศทางการวิ่งในขณะที่วิ่งด้วยความเร็วสูงนั้น ทำได้ยากมาก อย่างไรก็ตาม ผู้เล่นที่มีกำลังขาและสปริงข้อเท้าที่ดี จะสามารถเปลี่ยนทิศทางการวิ่งด้วยความเร็วได้ ซึ่งการวิ่งแบบเสต็ปออกด้านข้างนี้สามารถที่จะทำได้ก่อนที่จะถึงตัวของฝ่ายป้องกันตั้งแต่ 2-3 เมตร จนถึง 10 เมตร เลยก็เป็นได้

การวิ่งแบบหักหลบเป็นการวิ่งผ่านฝ่ายป้องกันที่เรียกได้ว่ายากที่สุดวิธีหนึ่งทีเดียว เพราะจะต้องประ กอบการหลอกล่อ และความเร็วในการวิ่งของผู้ครอบครองลูก แต่หากว่าสามารถทำได้สำเร็จ จะทำให้ผู้เล่นฝ่ายป้องกันหลงทิศทางและอยู่ห่างจากผู้ครอบครองลูกอย่างมาก ซึ่งสามารถทำได้โดย

1. ผู้ที่ถือลูกพยายามวิ่งในลักษณะทำให้อีกฝ่ายหนึ่งเชื่อว่าจะไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

2. เปลี่ยนทิศทางในการวิ่งโดยการเหวี่ยงตัวออกไปในทิศทางตรงกันข้ามกับในทีแรก ซึ่งจะทำให้ฝ่ายป้องกันเกิดการชะงักในการตัดสินใจที่จะป้องกัน

แม้ว่าวิธีในการวิ่งแบบหักหลบจะมีวิธีทำที่ง่าย แต่ผู้ที่จะทำการวิ่งแบบหักหลบได้ดีนั้นจะต้องมีฝีเท้าที่รวดเร็วและต้องสามารถกะระยะที่เหมาะสมที่จะเริ่มเปลี่ยนทิศทางได้ ทั้งนี้ ผู้เล่นสามารถที่จะนำการวิ่งแบบหักหลบไปใช้ร่วมกับการวิ่งแบบเสต็ปออกด้านข้างได้

กีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวไม่ต่อเนื่อง เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงหลากหลาย มีการวิ่งหลายทิศทาง โดยมีความเร็วของการวิ่งระดับความเข้มสูง การชะลอความเร็ว (Deceleration) การวิ่งระดับความเข้มต่ำ อย่างการจ็อกกิ้ง (Jogging) การยืน (Standing) และการเดิน (Walking) รวมทั้งมีความถี่ต่อการเล่นสูง (High frequency) ในการปะทะกับผู้เล่นคนอื่น (Biscombe & Tand Drewett, 2010) ที่ต้องใช้ความพยายามในการวางไปทางด้านข้าง (Sideways) ถอยหลัง (Backward) หรือเตะลูกบอล พร้อมกับการนำพาลูกไปเส้นหลังประตู (Goal line) และวางไว้บนเขตทรัย (Try) คล้ายกับกีฬาอเมริกันฟุตบอล (American football) ที่ต้องพยายามทำแต้มให้กับทีมตนเอง (Wellman et al., 2016)

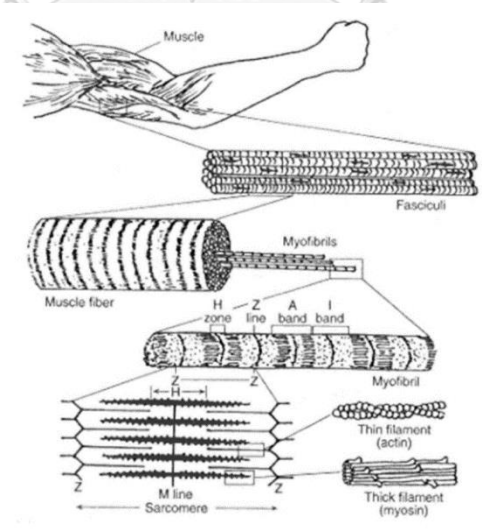
Cronin และ Hansen (Cronin and Hansen, 2005) ได้เสนอว่าการวิ่งเร็ว คือ ส่วนหนึ่งที่สนับสนุนความเร็ว หรืออัตราความเร็วที่สูงที่สุด (High maximum velocity) ที่มักเกี่ยวข้องกับความสามารถในกีฬาประเภทภาคสนาม (Field sport) เช่น นักกีฬาฟุตบอลและนักกีฬาที่ต้องอาศัย

ความเร่งความเร็ว (Acceleration) ซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จในการเล่นกีฬาประเภททีมมากกว่าอัตราความเร็วสูงสุด (Maximum velocity) โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ควรได้รับการปรับปรุงความเร็วของการวิ่ง คือ ปฏิกิริยาในการตอบสนองและความสามารถในการเริ่มต้นออกวิ่ง การเร่งอัตราความเร็วจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด ความยาวช่องก้าวในการวิ่ง ความถี่หรืออัตราความเร็วในการก้าวเท้า และการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช่ออกซิเจน (เจริญ กระบวนรัตน์, 2538)

2. ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

2.1 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การหดตัวของกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับแอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ในเหตุการณ์ทางกลที่เรียกว่าทฤษฎีเส้นใยเลื่อนการหดตัว เส้นใยของไมโอซินนั้นมีสะพานเชื่อมซึ่งเป็นส่วนขยายเล็กๆ ที่ไปถึงเส้นใยของแอคติน แรงกระตุ้นจากเส้นประสาทของหน่วยยนต์ กระตุ้นทั้งเส้นใยสร้างการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่ทำให้เส้นใยของแอคตินสามารถเข้าร่วมกับสะพานเชื่อมไมโอซิน การผูกไมโอซินกับแอคตินโดยสะพานเชื่อมสามารถปล่อยพลังงานทำให้สะพานเชื่อมนั้นหมุน ดึง หรือเลื่อนเส้นใยไมโอซินเหนือเส้นใยแอคติน การเคลื่อนไหวแบบเลื่อนนี้ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงทำให้เกิดแรง เมื่อการกระตุ้นสิ้นสุดลงเส้นใยของแอคตินและไมโอซินจะแยกออกจากกันทำให้กล้ามเนื้อถูกยืดออกไปตามความยาวของกล้ามเนื้อ สะพานเชื่อมนี้สามารถอธิบายว่าทำไมแรงของกล้ามเนื้อที่ถูกสร้างขึ้น ขึ้นอยู่กับความยาวเริ่มต้นของกล้ามเนื้อก่อนที่จะหดตัว ความยาวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อคือความยาวที่พักได้ (หรือมากกว่าเล็กน้อย) เพราะสะพานเชื่อมทั้งหมดสามารถเชื่อมต่อกับเส้นใยแอคตินเพื่อให้เกิดความตึงสูงสุด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การทำงานของแอคตินและไมโอซิน

ที่มา : Bompa and Buzzichelli 1999. Periodization training, Weight Training.

2.2 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber type)

กล้ามเนื้อโครงร่างประกอบด้วยเส้นใยที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน ความแตกต่างเหล่านี้นำไปสู่ระบบการจำแนกประเภทที่แตกต่างกันหลายระบบโดยยึดตามเกณฑ์ที่หลากหลาย วิธีที่นิยมมากที่สุดคือการจำแนกประเภทเส้นใยตามเวลาในการหดตัว (Twitch time) โดยใช้คำว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (slow-twitch) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-Twitch) เนื่องจากหน่วยยนต์ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งมีประเภทเดียวกันทั้งหมดจึงสามารถกำหนดได้โดยใช้ระบบการจำแนกประเภทเดียวกัน ชุดหน่วยยนต์แบบเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเป็นหน่วยหนึ่งที่พัฒนาแรงและผ่อนแรงได้อย่างรวดเร็ว จึงมีระยะเวลาในการหดตัวที่สั้น ในทางตรงกันข้ามหน่วยยนต์ที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า จะเพิ่มแรงและผ่อนแรงอย่างช้าๆ และใช้เวลาในการหดตัวที่นาน

ฮิตโตเคมีคอล (Histochemical) มักใช้ในการจำแนกประเภทของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าหรือเร็ว แม้ว่าเทคนิคสามารถจำแนกได้สำหรับเส้นใยหลายประเภท แต่เส้นใยที่ระบุโดยทั่วไปคือเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type I) (เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2a (Type IIa) (เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2b (Type IIb) (เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว) เส้นใยกล้ามเนื้อถูกจำแนกตามไมโอซินเฮฟวี่เชนในโปรตีนที่ซับซ้อน (protein complex) การวิจัยโดยใช้การเคลื่อนไหวของอนุภาคคอลลอยด์ที่แขวนอยู่ในของเหลว ที่บ่งชี้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อถูกจัดอยู่ในประเภทเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2b ในกล้ามเนื้อโครงร่างของมนุษย์ (เพราะเชื่อว่ามีไอโซฟอร์มของไมโอซินเฮฟวี่เชน 2b) ดังนั้นระบบการตั้งชื่อสำหรับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2b และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2ab (Type IIab) ในกล้ามเนื้อโครงร่างของมนุษย์ได้เปลี่ยนเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2x (Type IIx) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2ax (Type IIax) ตามลำดับ

ความแตกต่างในลักษณะเชิงกลของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type II) นั้น มาพร้อมกับความแตกต่างที่ชัดเจนในความสามารถของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ต้องการและจัดหาพลังงานสำหรับการหดตัวและทำให้ทนต่อความล้าของกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปแล้วเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 จะมีประสิทธิภาพและทนทานต่อความล้า และมีความสามารถสูงในการให้พลังงานแบบแอโรบิค แต่มีข้อจำกัดในการพัฒนากำลังอย่างรวดเร็วตามที่ระบุแอคโตไมโอซิน ไมโอฟิบิลล่า (actomyosin myofibrillar) ที่ต่ำ ตามลักษณะกิจกรรม ATPase และพลังงานแบบไม่ใช่ออกซิเจน (Carto et al., 1999 , Hather et al., 1991)

หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 นั้นมีลักษณะตรงกันข้ามกับลักษณะพิเศษที่ไร้ประสิทธิภาพ ความเหนื่อยล้า และมีพลังงานแอโรบิคที่ต่ำ การพัฒนาแรงอย่างรวดเร็วของกิจกรรมแอคโตไมโอซิน ไมโอฟิบิลล่าที่สูง ตามลักษณะกิจกรรม ATPase ที่สูง และพลังงานแบบไม่ใช่ออกซิเจนที่สูง (Carto et al., 1999 ; Hather et al., 1991) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2a และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2x มีความแตกต่างกันในด้านความสามารถในการให้พลังงานแอโรบิค เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2a มีความสามารถในการเผาผลาญแอโรบิคและเส้นเลือดฝอยที่ล้อมรอบได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 และมีความต้านทานต่อความเหนื่อยล้าได้มากกว่า (Casto et al., 1998 ; Hather et al., 1991 ; Kent-Braun et al., 1997 ; Ploutz et al., 1994) จากความแตกต่างเหล่านี้จึงไม่น่าแปลกใจที่กล้ามเนื้อที่มีลักษณะทรงตัว เช่น กลุ่มกล้ามเนื้อน่อง มีองค์ประกอบของเส้น

ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ในขณะที่กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการเคลื่อที่ที่รู้จักกันในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มีทั้งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ช่วยให้สามารถทำงานได้ทั้งพลังงานต่ำและกำลังสูง (เช่นวิ่งจ๊อกกิ้ง และวิ่งสปริน ตามลำดับ) อ้างถึงตารางที่ 1 สำหรับข้อมูลสรุปของคุณสมบัติหลักของชนิดไฟเบอร์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติหลักของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ

Major Characteristics of Muscle Fiber Types

	FIBER TYPES		
Characteristic	**Type I**	**Type IIa**	**Type IIx***
Motor neuron size	Small	Large	Large
Nerve conduction velocity	Slow	Fast	Fast
Contraction speed	Slow	Fast	Fast
Relaxation speed	Slow	Fast	Fast
Fatigue resistance	High	Intermediate/Low	Low
Force production	Low	Intermediate	High
Power output	Low	Intermediate/High	High
Endurance	High	Intermediate/Low	Low
Aerobic enzyme content	High	Intermediate/Low	Low
Anaerobic enzyme content	Low	High	High
Capillary density	High	Intermediate	Low
Myoglobin content	High	Low	Low
Mitochondria size/density	High	Intermediate	Low
Fiber diameter	Small	Intermediate	Large
Color	Red	White/Red	White

*Also termed *Type IIb* in many references. See the section "Muscle Fiber Types" for more information about fiber type nomenclature.

ที่มา : Gary et al., 2014 : NSCA

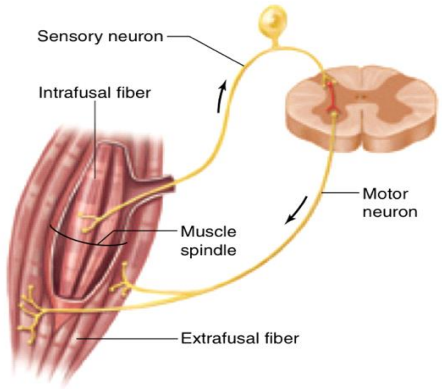
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 โพรพริโอเซปชั่น (Proprioeption)

โพรพริโอเซปชั่น เป็นตัวรับความรู้สึกเฉพาะที่อยู่ภายในข้อต่อ กล้ามเนื้อ และเอ็นกล้ามเนื้อ เนื่องจากตัวรับสัญญาณเหล่านี้มีความไวต่อแรงกดและแรงดึง จึงส่งข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อไปยังส่วนที่มีการรู้สึกตัวและจิตใต้สำนึกของระบบประสาทส่วนกลาง ดังนั้นสมองจึงได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวทางร่างกายหรือประเมินค่าการรู้สึกตัวของตำแหน่งของส่วนต่างๆของร่างกาย ที่เอาใจใส่ต่อแรงโน้มถ่วง อย่างไรก็ตามข้อมูลโพรพริโอเซปชั่นนี้ ส่วนใหญ่จะถูกประมวลผลในระดับจิตใต้สำนึกดังนั้นเราไม่จำเป็นต้องสนใจกิจกรรมต่างๆ เช่นการรักษาท่าทางหรือตำแหน่งของส่วนต่างๆของร่างกาย

2.3.1 มัสเซิลสปินเดิล

มัสเซิลสปินเดิลเป็นโพรพริโอเซปเตอร์ที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อดัดแปลงหลายชนิดที่อยู่ในปลอกของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (รูปที่ 2) เส้นใยที่ผ่านการดัดแปลงเหล่านี้เรียกว่าเส้นใยอินทราฟิลซอล (Intrafusal fiber) ที่วิ่งขนานกับเส้นใยที่ปกติหรือเส้นใยเอกตราฟิลซอล (Extrafusal fiber) มัสเซิลสปินเดิลให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความยาวของกล้ามเนื้อและอัตราการเปลี่ยนแปลงของความยาวกล้ามเนื้อ เมื่อความยาวของมันสเซิลสปินเดิลจะถูกยืดออก ความผิดปกตินี้จะเปิดใช้งานในเซลล์ประสาทรับความรู้สึกของมัสเซิลสปินเดิลซึ่งส่งแรงกระตุ้นไปยังเส้นประสาทในไขสันหลังที่มันเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทของหน่วยยนต์ ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นของเซลล์ประสาทหน่วยยนต์ที่กล้ามเนื้อเดียวกัน มัสเซิลสปินเดิลจึงแสดงระดับกล้ามเนื้อที่ต้องถูกกระตุ้นเพื่อที่จะเอาชนะความแรงต้านที่ได้รับ เมื่อการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อถูกยืดไปในระดับที่มากขึ้นและการมีส่วนร่วมของมันเซิลสปินเดิลจะส่งผลให้กล้ามเนื้อทำงานได้ดีขึ้น กล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหวอย่างแม่นยำนั้นมีมัสเซิลสปินเดิลจำนวนมากต่อหนึ่งหน่วยของมวล เพื่อช่วยให้แน่ใจว่าสามารถควบคุมกิจกรรมการหดตัวได้อย่างแม่นยำ ตัวอย่างง่ายๆของกิจกรรมของมัสเซิลสปินเดิลคือ การกระตุกเข่า (knee jerk reflex) การแตะที่กลุ่มกล้ามเนื้อใต้สะบ้าทำให้มัสเซิลสปินเดิลของกล้ามเนื้อถูกยืดออก ทำให้เกิดการเปิดใช้งานของเส้นใยกล้ามเนื้อเอกตราฟิลซอล ในกล้ามเนื้อเดียวกัน มีเส้นเอ็นที่หัวเข่าที่ถูกยืดเนื่องจากเส้นใยเหล่านี้สั้นลงอย่างมากในทางกลับกันการกระตุกให้สั้น

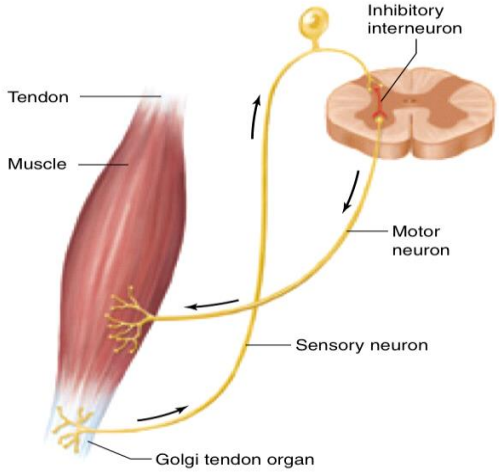


รูปที่ 2 วงจรของมัสเซิลสปินเดิล
ที่มา : Gary et al., 2014 : NSCA

2.3.2 กอลจิเทนดอน ออแกน (Golgi tendon organs)

กอลจิเทนดอน ออแกนเป็นโพรพริโอเซปเตอร์ที่อยู่ในใกล้เอ็นไมโอเทนดิโอนัส (myotendinous) นั่นคือเชื่อมกับเส้นใยกล้ามเนื้อเอกตราฟิลซอล (รูปที่ 3) กอลจิเทนดอน ออแกนนั้นทำงานเมื่อเอ็นกล้ามเนื้อถูกยืดออกไป เมื่อความตึงในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น การปล่อยกอลจิเทนดอนออแกนจะเพิ่มขึ้นเซลล์ประสาทการรับความรู้สึกของกอลจิเทนดอน ออแกนจะทำงานร่วมกับการยับยั้งเซลล์ประสาท ในเส้นประสาทในไขสันหลัง ซึ่งจะส่งผลต่อระบบประสาทและยับยั้งเซลล์ประสาทหน่วยยนต์ที่ทำหน้าที่ในกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน ผลที่ได้คือการลดความตึงภายในกล้ามเนื้อ

และเอ็นกล้ามเนื้อ ดังนั้นในขณะที่มัสเซิลสปินเดิลช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ในการป้อนข้อมูลทางระบบประสาทจากกอลจิเทนดอน ออแกนจะไปยับยั้งการกระตุ้นกล้ามเนื้อ กระบวนการยับยั้งกอลจิเทนดอน ออแกนนั้นให้คิดว่าเป็นกลไกที่พัฒนาการป้องกันความตึงของกล้ามเนื้อมากเกินไป ดังนั้นผลกระทบของกอลจิเทนดอน ออแกนจึงน้อยที่สุดเมื่อใช้กำลังที่น้อย แต่เมื่อมีความหนักที่มากบนกล้ามเนื้อ การยับยั้งหรือการสะท้อนกลับโดยกอลจิเทนดอน ออแกนจะทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว ความสามารถของศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อที่จะแทนที่การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นหนึ่งในการปรับตัวพื้นฐานในการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีความหนักมาก



รูปที่ 3 วงจรของกอลจิเทนดอน ออแกน
ที่มา : Gary et al., 2014 : NSCA

3. การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic training)

การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วยการออกกำลังกายที่มีความเข้มสูง และไม่ต่อเนื่อง เช่นการฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกแบบพลัยโอเมตริก ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และการฝึกแบบหยุดพักเป็นช่วงๆ (Interval training) ในโปรแกรมการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนบางอย่างได้รับการเผาผลาญ การฝึกแบบแอโรบิคก็มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากและได้รับการฝึกที่พร้อมกัน (Kraemer et al., 1989) การปรับประสิทธิภาพให้เหมาะสมกับการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนนั้นเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจงของโปรแกรมการฝึก เป็นผลให้การปรับปรุงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ การขยายตัวของกล้ามเนื้อ พลังงาน ความอดทนของกล้ามเนื้อ และประสิทธิภาพของหน่วยยนต์ จะเกิดขึ้นจากการออกกำลังกายบางอย่างที่เน้นระบบฟอสฟาเจน (เช่น การวิ่งสปริน การฝึกแบบพลัยโอเมตริก) มีระยะเวลาไม่เกิน 10 วินาที และให้การฟื้นตัวเกือบสมบูรณ์ (เช่น 5-7 นาที) เพื่อเปิดใช้งานการฝึกที่มีความเข้มข้นสูงสุด (Maximal intensities) (Callister et al., 1988) ความเร็วและการฝึกพลังงานขึ้นอยู่กับการระดมระบบประสาทที่ดีที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด (และเลือกการฝึกที่มีคุณภาพสูง) ซึ่งต้องการการฟื้นตัวและความเหนื่อยล้าให้น้อยที่สุด การปรับสภาพด้วยไกลโคไลติก (Glycolytic) ใช้ช่วงเวลาพักที่สั้นลง การรวมหน่วยยนต์ต่างๆมีความต้องการเมตาบอลิซึมของทั้งสองนี้มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากนักกีฬาหลายคนต้องสามารถทำงานภายใต้สภาวะที่เหนื่อยล้าใน

การแข่งขัน แต่ส่วนประกอบของเมตาบอลิคแต่ละตัวต้องได้รับการฝึกเป็นพิเศษเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ด้วยการฟื้นตัวของการเก็บรักษาพลังงาน นอกเหนือจากความต้องการในการฝึกแล้ว ความต้องการด้านเมตาบอลิซึมของแต่ละกีฬา (และการฝึกซ้อม) ก็มีส่วนทำให้เกิดการปรับตัวตามการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การฝึกแบบไม่ใช่ออกซิเจนสำหรับกีฬาต่างๆ

Primary Metabolic Demands of Various Sports

Sport	Phosphagen system	Anaerobic glycolysis	Aerobic metabolism
Baseball	High	Low	—
Basketball	High	Moderate to high	—
Boxing	High	High	Moderate
Diving	High	Low	—
Fencing	High	Moderate	—
Field events	High	—	—
Field hockey	High	Moderate	Moderate
Football (American)	High	Moderate	Low
Gymnastics	High	Moderate	—
Golf	High	—	—
Ice hockey	High	Moderate	Moderate
Lacrosse	High	Moderate	Moderate
Marathon	Low	Low	High
Mixed martial arts	High	High	Moderate
Powerlifting	High	Low	Low
Skiing:			
Cross-country	Low	Low	High
Downhill	High	High	Moderate
Soccer	High	Moderate	Moderate
Strength competitions	High	Moderate to high	Low
Swimming:			
Short distance	High	Moderate	—
Long distance	—	Moderate	High
Tennis	High	Moderate	—
Track (athletics):			
Short distance	High	Moderate	—
Long distance	—	Moderate	High
Ultra-endurance events	Low	Low	High
Volleyball	High	Moderate	—
Wrestling	High	High	Moderate
Weightlifting	High	Low	Low

Note: All types of metabolism are involved to some extent in all activities.

ที่มา : Nicholas and Ratamess, 2014 : NSCA

การปรับตัวทางสรีรวิทยาที่สำคัญต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ต่อมไร้ท่อ และระบบหลอดเลือดหัวใจ ช่วยให้สามารถปรับปรุงสมรรถภาพทางการกีฬาหลังจากการฝึกไม่ใช้ออกซิเจน (ตารางที่ 3) การเปลี่ยนแปลงมีตั้งแต่ผู้ที่เริ่มแรกในช่วงของการฝึกไปจนถึงผู้ที่ผ่านการฝึกฝนมาหลายปี การวิจัยส่วนใหญ่มักจะเกี่ยวข้องกับการปรับตัวในระยะเริ่มต้นถึงช่วงระดับกลางของการฝึก (เช่น 4 ถึง 24 สัปดาห์) การทำความเข้าใจว่าแต่ละระบบของร่างกายมนุษย์สามารถปรับตัวให้เข้ากับการออกกำลังกายได้อย่างไร มีฐานความรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญด้านความแข็งแรงและการเตรียมตัวสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ของโปรแกรมการฝึกเฉพาะเจาะจงได้

ตารางที่ 3 สมรรถภาพทางการกีฬาหลังจากฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน

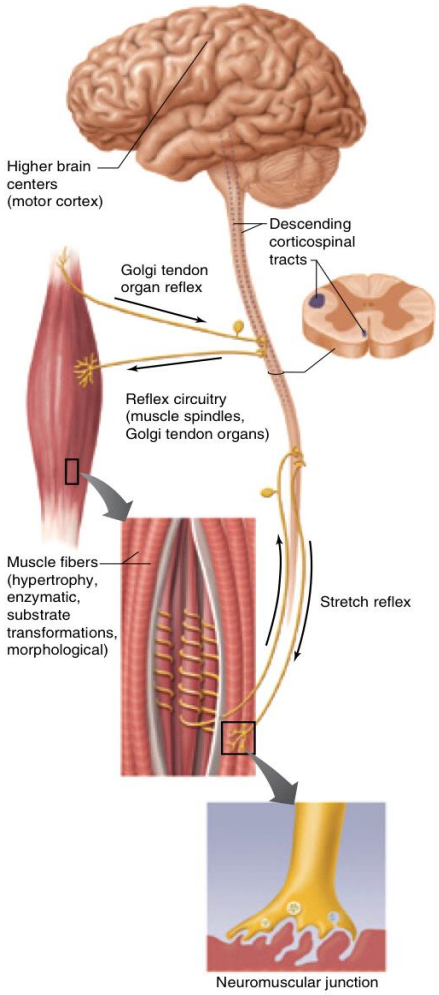
Physiological Adaptations to Resistance Training

Variable	Resistance training adaptations
Performance	
Muscular strength	Increases
Muscular endurance	Increases for high power output
Aerobic power	No change or increases slightly
Maximal rate of force production	Increases
Vertical jump	Ability increases
Anaerobic power	Increases
Sprint speed	Improves
Muscle fibers	
Fiber size	Increases
Capillary density	No change or decreases
Mitochondrial density	Decreases
Myofibrillar packing density	No change
Myofibrillar volume	Increases
Cytoplasmic density	Increases
Myosin heavy-chain protein	Increases in amount
Enzyme activity	
Creatine phosphokinase	Increases
Myokinase	Increases
Phosphofructokinase	Increases
Lactate dehydrogenase	No change or variable
Sodium-potassium ATPase	Increases
Metabolic energy stores	
Stored ATP	Increases
Stored creatine phosphate	Increases
Stored glycogen	Increases
Stored triglycerides	May increase
Connective tissue	
Ligament strength	May increase
Tendon strength	May increase
Collagen content	May increase
Bone density	No change or increases
Body composition	
% body fat	Decreases
Fat-free mass	Increases

ที่มา : Nicholas and Ratamess 2014

4. การปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptations)

การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนอาจทำให้เกิดการปรับตัวตามจุดเริ่มต้นของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ในศูนย์ควบคุมสมองสูงขึ้นและดำเนินต่อไปจนถึงระดับของเส้นใยกล้ามเนื้อส่วนบุคคล (รูปที่ 4) การเพิ่มขึ้นการเคลื่อนที่ในระบบประสาทมีความสำคัญต่อนักกีฬาที่ความมุ่งมั่นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อ การเพิ่มขึ้นของระบบประสาทนั้นเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน (เช่นกล้ามเนื้อหลักที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกาย) การคัดเลือกกล้ามเนื้อ อัตราการยิง เวลา และรูปแบบของการขับไล่ในระหว่างที่กล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด การลดลงของกลไกการยับยั้ง (เช่น กอลจิเทนดอน ออแกน) ก็เป็นความคิดที่เกิดขึ้นเช่นกัน แม้ว่ามันจะไม่ชัดเจนว่ากลไกเหล่านี้อยู่ร่วมกันอย่างไรก็เป็นที่ชัดเจนว่าการปรับตัวของระบบประสาทจะเกิดขึ้นก่อนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ในความซับซ้อนเฉพาะของกล้ามเนื้อโครงร่างที่มักเกิดขึ้น



รูปที่ 4 การปรับตัวของระบบประสาท

ที่มา : Nicholas and Ratamess 2014

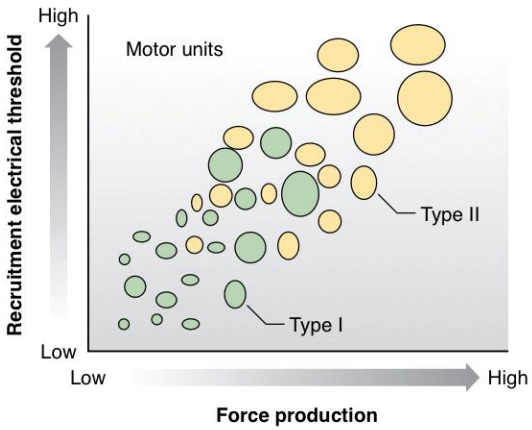
4.1 การปรับตัวของระบบส่วนกลาง (Central adaptation)

ความสามารถในการเพิ่มการกระตุ้นการทำงานของหน่วยยนต์เริ่มขึ้นที่ศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างพลังของกล้ามเนื้อและพลังงานในระดับสูงสุด กิจกรรมในศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของแรงที่เพิ่มขึ้น (Dettmers et al., 1996) และเมื่อมีการเรียนรู้การออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหวใหม่ สัดส่วนที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่เกิดขึ้นในระหว่างการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นในเส้นประสาทในไขสันหลังตามบริเวณคอร์ติโคสไปนอลแทรค (Corticospinal tracts) บุคคลที่ไม่ได้รับการฝึกจะแสดงความสามารถที่จำกัดในการระดมหน่วยยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว การกระตุ้นด้วยไฟฟ้านั้นแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าการกระตุ้นด้วยความตั้งใจ การกระตุ้นให้เกิดการบาดเจ็บในบุคคลที่ไม่ได้รับการฝึกหรือในการฟื้นตัวจากการบาดเจ็บแสดงให้เห็นถึงการที่ไม่สามารถเปิดใช้งานของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด การศึกษาโดย Adams และคณะ (Adams et al., 1993) โดยใช้การถ่ายภาพด้วยคลื่นสนามแม่เหล็ก แสดงให้เห็นว่ามีเพียง 71% ของเนื้อเยื่อในกล้ามเนื้อเท่านั้นที่ถูกกระตุ้นในระหว่างการพยายามอย่างเต็มที่ในผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝน อย่างไรก็ตามการฝึกสามารถลดการขาดดุลนี้อย่างมาก (Pensini et al., 2002) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่มากขึ้นในการระดมหน่วยยนต์ที่กระตุกเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว

4.2 การปรับตัวของหน่วยยนต์ (Adaptations of motor unit)

หน่วยการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อคือหน่วยยนต์ (Slae, 1986) หน่วยยนต์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทหน่วยยนต์อัลฟา และเส้นใยกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องที่จะเปิดใช้งาน เซลล์ประสาทของหน่วยยนต์อาจมีเส้นใยกล้ามเนื้อด้านใน <10 สำหรับกล้ามเนื้อมัดเล็กๆที่สลับซับซ้อน แต่กลับกลายเป็นว่าทำให้เกิดเส้นใย >100 ในเส้นใยกล้ามเนื้อของลำตัวและขา เมื่อต้องการแรงสูงสุดจากกล้ามเนื้อจำเป็นต้องใช้งานหน่วยยนต์ที่มีอยู่ทั้งหมด หน่วยยนต์จะมีการยิงกระแสที่แตกต่างกันโดยมีผลต่อแรงกล้ามเนื้อ อัตราการยิงเหล่านี้เป็นกลไกการปรับตัวที่ได้รับการปรับปรุงโดยการฝึกโดยใช้แรงต้าน (Sale, 1987 ; Sale, 1986 ; Sale, 2003) ความแข็งแรงและพลังที่เพิ่มขึ้นสูงสุดของกล้ามเนื้อหลัก โดยทั่วไปเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการยิงการซิงโครไนซ์หรือการรวมกันของปัจจัยเหล่านี้ การคัดเลือกและการคัดออกการดำเนินงานของหน่วยยนต์เป็นไปตามระเบียบ (รูปที่ 5) ซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดระหว่างหน่วยยนต์กับเกณฑ์การคัดเลือก (Sale, 1987 ; Sale, 1986 ; Sale, 2003) โดยเฉพาะหน่วยยนต์จะได้รับการคัดเลือกตามเกณฑ์และอัตราการยิงกระแสประสาทซึ่งส่งผลให้เกิดแรงต่อเนื่องในกล้ามเนื้อหลักเนื่องจากกล้ามเนื้อส่วนใหญ่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (จำแนกตามประเภทของหน่วยยนต์) การผลิตแรงสามารถบังคับให้อยู่ในช่วงที่ได้รับการคัดเลือกหน่วยยนต์ที่มีขีดจำกัดสูง ซึ่งทั้งหมดจะถูกคัดเลือกตามลำดับ ดังนั้นด้วยการฝึกโดยแรงต้านอย่างหนักทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นเพราะได้รับการคัดเลือกเพื่อสร้างแรงในระดับที่สูงขึ้นด้วยน้ำหนักที่หนักกว่าหน่วยยนต์ที่สูงจะใช้คำสั่งการคัดเลือกเป็นหลักสำหรับการผลิตแรงความเร็วสูงหรือพลังงาน กำลังการผลิตสูงสุดนั้นไม่เพียงแต่มีระดับการคัดเลือกสูงสุด เมื่อได้รับการคัดเลือกหน่วยยนต์จำเป็นต้องมีการเปิดใช้งานน้อยลงเพื่อให้ได้รับการคัดเลือกใหม่ (Gorassini et al., 2002) สิ่งนี้อาจมีความแตกต่างที่สำคัญสำหรับความ

แข็งแรงและการฝึกระบบพลังงานเนื่องจากชุดของหน่วยยนต์ที่มีขีดจำกัดสูง อาจมีการใช้งานใหม่ได้ง่ายกว่าการคัดเลือกก่อนหน้า



รูปที่ 5 การปรับตัวของหน่วยยนต์
ที่มา : Nicholas and Ratamess, 2014 : NSCA

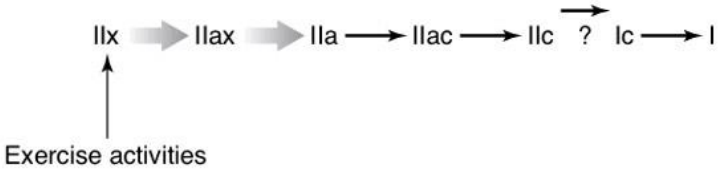
4.3 การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ (Fiber size changes)

ประเภทของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความสำคัญที่เกี่ยวกับขนาดของกล้ามเนื้อในระหว่างการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน เส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยยนต์ที่สูงถูกควบคุมโดยหลักการขนาดที่จะต้องเปิดใช้งานเพื่อให้ถูกกระตุ้น ในระหว่างการฝึกโดยใช้แรงต้านจะมีการคัดเลือกเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งชนิดที่ 1 และ 2 ดังนั้นจึงมีแรงกระตุ้นที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรับตัว โดยทั่วไปการฝึกโดยใช้แรงต้านจะส่งผลให้พื้นที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตที่มากเกินไปของเส้นใยนี้ทำให้พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อไม่เสียหายเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านทำการฝึกไปหลายเดือน อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของเส้นใยกล้ามเนื้อไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอระหว่างเส้นใยหลักทั้งสองชนิดแสดงให้เห็นว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แสดงขนาดเพิ่มขึ้นมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Hather et al., 1991) ในความเป็นจริงมันเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ว่าศักยภาพสูงสุดสำหรับการเจริญเติบโตมากเกินไปอาจอยู่ในสัดส่วนสัมพัทธ์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ภายในกล้ามเนื้อของนักกีฬา นั่นคือนักกีฬาที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่วนใหญ่จะมีศักยภาพในการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อด้วยการฝึกโดยใช้แรงต้านมากกว่าผู้ที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า

4.4 การเปลี่ยนชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Fiber type transition)

รูปแบบของการกระตุ้นระบบประสาท ถูกกำหนดขอบเขตของการปรับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อให้การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นตัวแทนของความต่อเนื่องในการเกิดออกซิเดชั่นมากที่สุดไปจนถึงการออกซิเดชั่นน้อยที่สุด (รูปที่ 6) โดยความต่อเนื่องของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อมีดังนี้: I, Ic, IIc, IIac, IIa, IIax และ IIx โดยมีการแสดงออกของไมโอซินเฮฟวีเชนร่วมกัน (เช่น. MHCI, IIa และ IIx) (200) แม้ว่าสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และ 2 ถูกกำหนดทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงภายในสามารถเกิดขึ้นได้กับการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนในแต่ละชนิด การ

เปลี่ยนแปลงในประเภทของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั้น ไม่ได้เชื่อมโยงกับอัตราการเปลี่ยนแปลงในพื้นหน้าตัดของกล้ามเนื้อ ด้วยการฝึกและการเปิดใช้งานของหน่วยยนต์ที่มีขีดจำกัดที่สูงจะมีการเปลี่ยนจากเส้นใยกล้ามเนื้อ 2x เป็น 2a กล่าวอีกนัยหนึ่งคือชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ 2x เปลี่ยน ไมโอซิน อดีโนไซต์ ไตรฟอสเฟส (Myosin adenosine triphosphatase) (ATPase) ไอโซฟอร์ม กลายเป็นเส้นใย 2a หลังจากออกซิเดชั่นที่มีการพัฒนายิ่งขึ้น ในขณะที่บางคนมองว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ 2x นั้น มีความแข็งแรงและพลังเส้นใยกล้ามเนื้อที่สูง แม้ว่าจะยังคงทรงพลัง แต่ก็มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความต้านทานต่อความเหนื่อยล้าจากการฝึกฝนได้มากขึ้น ในความเป็นจริงการวิจัยแสดงให้เห็นว่าช่วงการเปลี่ยนภาพเกือบเต็มรูปแบบจากประเภท 2x ไปเป็น 2a ตามการผสมผสานของความต้านทานต่อความเข้มข้นสูงและการฝึกความอดทนแบบแอโรบิค (Kraemer et al., 1995)



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ
ที่มา : Nicholas and Ratamess, 2014 : NSCA

ปรากฏว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2x เป็นเส้นใย "ที่เก็บสะสมเส้นใย" ซึ่งเมื่อเปิดใช้งานอย่างสม่ำเสมอจะเปลี่ยนเป็นรูปแบบการออกซิเดชั่นมากขึ้นตามความต่อเนื่อง (เช่นเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2ax เป็น 2a) (Campos et al., 2002 ; Wang et al., 1993) ความต่อเนื่องของเส้นใยกล้ามเนื้อและไมโอซินเฮฟวีเชนที่เกี่ยวข้องนั้น เกิดขึ้นในช่วงต้นของโปรแกรมการฝึกโดยใช้แรงต้าน สตาร์รอน และคณะ (Staron et al., 1994) ตรวจสอบผลกระทบของรูปแบบการฝึกโดยใช้แรงต้านที่สูง (หลายรูปแบบในท่าของสควอท , เลคเพลส (Leg press) และในท่าเหยียดเข่า (knee extension) (โดยใช้แรงที่ 6 ครั้ง ถึง 12RM และพักที่ 2 นาที) โดยผู้ชายและผู้หญิงทำสองครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาแปดสัปดาห์ พวกเขาได้รายงานการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของเปอร์เซ็นต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ในผู้หญิง หลังจากการฝึกเพียงสองสัปดาห์ (4 ครั้งของการออกกำลังกาย) และในผู้ชายหลังจากการฝึกสี่สัปดาห์ (8 ครั้งของการออกกำลังกาย) ในช่วงระยะเวลาฝึกแปดสัปดาห์ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2x ลดลงประมาณ 7% ของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดในผู้ชายและผู้หญิง การวิเคราะห์ไมโอซินเฮฟวีเชนแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกของการฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2x ไมโอซินเฮฟวีเชนถูกแทนที่ด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2a ในไมโอซินเฮฟวีเชน นอกจากนี้การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน (ฮอร์โมนเพศชายและคอร์ติซอล ที่มีการทำงานร่วมกัน) ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ สิ่งที่น่าสนใจคือการลดขนาดมีผลในทางตรงกันข้าม ส่งผลให้เสนใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เพิ่มขึ้น และการลดลงของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ 2a (Pette and Staron, 1997) โดยมีความเป็นไปได้เกินกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด 2x (เช่นเปอร์เซ็นต์ 2x สูงกว่าที่สังเกตไว้ล่วงหน้า (Andersen and Aagaard, 2000) ในขณะที่การเปลี่ยนรูปภายในเส้นใยของกล้ามเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปจากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 หรือในทาง

กลับกันมีโอกาสน้อยกว่า ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนรูปเหล่านี้ยังคงเป็นที่น่าสงสัย ณ จุดนี้ เนื่องจากมีหลักฐานไม่เพียงพอในปัจจุบัน ความเป็นไปได้เหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการสำรวจในการศึกษาในอนาคต เป็นเรื่องน่าสนใจที่จะพิจารณาว่าการปรับรูปการต่อเนื่องเกินกว่าที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่รุนแรงซึ่งนักวิ่งมาราธอน (เปอร์เซ็นต์สูงของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1) ตามโปรแกรมการฝึกโดยใช้แรงต้านที่สูง หรือการยกน้ำหนัก (Power lifting) ในโปรแกรมการฝึกความอดทนแบบแอโรบิค

5. โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Post-activation Potentiation)

5.1 เหตุผลทางสรีรวิทยาของการฝึกเชิงซ้อน

หลักฐานที่ใช้ในการฝึกเชิงซ้อน ถือว่าสมมติฐานความสามารถในแรงระเบิดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการกระตุ้นการหดตัวมากที่สุดหรือเกือบจะมากที่สุดปรากฏการนี้เรียกว่าโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Hamada et al., 2000 ; Paasuke et al., 1996 ; Sale, 2002) สถานะของกล้ามเนื้อที่มีศักยภาพถูกคาดการณ์ว่าจะมีผลอย่างเฉียบพลันต่อการเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานแบบเฉียบพลันซึ่งทำซ้ำเมื่อเวลาผ่านไปเช่นเดียวกับในโปรแกรมการฝึก (Chu, 1996 ; Gullich and Schmidtbleicher, 1996)

มีการเสนอทฤษฎีหรือกลไกสองอย่างเพื่ออธิบายสถานะของกล้ามเนื้อหลังจากการกระตุ้นสูงสุดหรือใกล้จุดสูงสุด ทฤษฎีที่หนึ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าการเสริมแรงช่วยเพิ่มความตื่นตัวได้ง่าย การเชื่อมกันของหน่วยยนต์ในเซลล์ประสาทตามที่ได้รับการพิสูจน์โดยมีการตอบสนองที่มีศักยภาพที่ดีขึ้น (Gullich and Schmidtbleicher, 1996 ; Trimble and Harp, 1998) การเปิดใช้งานของระบบประสาทที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดขึ้นได้จากการเพิ่มจำนวนของหน่วยยนต์ การเชื่อมต่อหน่วยยนต์ที่ดีขึ้น การลดลงของการยับยั้งก่อนการเชื่อมต่อ หรือการป้อนข้อมูลในศูนย์กลางหน่วยยนต์ของเซลล์ประสาท (Aagaard, 2003 ; Aagaard et al., 2002)

กระบวนการฟอสโฟรีเลชั่น ของไมโอซินไลท์เชน ได้รับการพิจารณาว่าเป็นกลไกทางเลือกที่รับผิดชอบโดย โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น หลังจากกระตุ้นกล้ามเนื้อ (Paasuke et al., 1996 ; Rassier and Maclntosh, 2000 ; Sale, 2002) การกระตุ้นกล้ามเนื้อทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของซาโครพลาสมิก แคลเซียม ที่เปิดใช้งานในไมโอซินไลท์เชน ไคเนส (Myosin light chain kinase) (MLCK) (Rassier and Maclntosh, 2000 ; Sale, 2002 ; Szczesna et al., 2002) ไมโอซินไลท์เชน มีหน้าที่รับผิดชอบในการทำให้มี ATP มากขึ้นที่ แอคติน และไอโอซินประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเชื่อมต่อระหว่างแอคติน และไมโอซิน ฟอสโฟรีเลชั่น ของไมโอซินไลท์เชน ยังทำให้เกิดปฏิกิริยาของแอคติน และไอโอซินมีความไวต่อแคลเซียม ที่ถูกปล่อยออกมาจากซาโครพลาสมิกเรทิคูลั่ม (sarcoplasmic reticulum) (Sweeney et al., 1993) อย่างไรก็ตาม Tubman และคณะ (Tubman et al., 1996) ได้ตรวจสอบไมโอซินไลท์เชน ในกระบวนการฟอสโฟรีเลชั่น และศักยภาพของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น และสรุปว่ามันไม่ใช่กลไกเดียวที่สนับสนุนโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น เป็นไปได้ว่าโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น เป็นผลมาจากการทำงานร่วมกันระหว่างกลไกประสาทและกล้ามเนื้อ

5.2 คุณสมบัติการหดตัวแบบการกระตุกในกล้ามเนื้อ

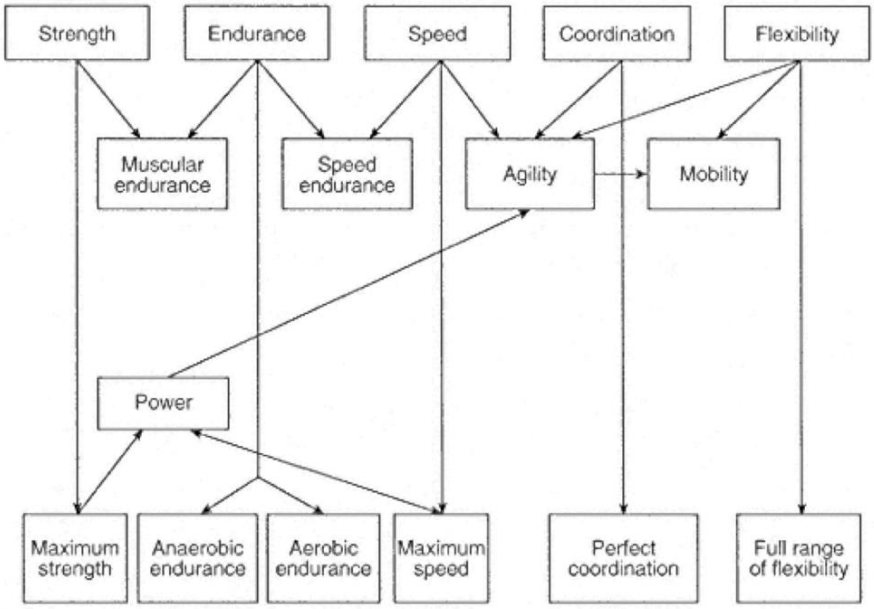
การกระตุกในกล้ามเนื้อ เป็นการหดตัวสั้นๆของกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าในระยะสั้น (<1 มิลลิวินาที) ของเส้นประสาท (Leary et al., 1997) มีการวัดคุณสมบัติการหดตัวของการกระตุกในกล้ามเนื้อก่อนและหลังกิจกรรมของกล้ามเนื้อ ซึ่งกล้ามเนื้อบางประเภทมีรูปแบบของการจดจำที่แตกต่างออกไป เช่น การกระตุกของกล้ามเนื้อ (Maclntosh and Willis, 2000) ปรากฏการหดตัว (Leary et al., 1997) หรือความพยายามในการหดตัวสูงสุด (Gossen and Sale, 1998) โดยไม่คำนึงถึงประเภทของการจดจำของการหดตัวของกล้ามเนื้อ การศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของกล้ามเนื้อได้แสดงให้เห็นการตอบสนองของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องนี้ว่าเรียกว่า การกระตุกในกล้ามเนื้อแบบโพเทนทิเอชั่น (twitch potentiation) โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของพลังแรงบิดสูงสุดและอัตราการพัฒนาของพลังของกล้ามเนื้อรวมทั้งเวลาในการพักฟื้นที่ลดลงในการกระตุกแบบโพเทนทิเอชั่น เป็นปรากฏการณ์ที่ได้รับการยอมรับซึ่งส่วนหนึ่งนำไปสู่แนวทางในการวิจัยของนักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานคนอื่นๆ แนวทางที่สองในการตรวจสอบปรากฏการณ์ของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ต้องมีการออกแรงระเบิด ซึ่งมีการใช้งานที่มีศักยภาพมากขึ้นในการเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกทั่วไปหรือการฝึกในด้านการกีฬา

6. การพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา

6.1 สมรรถภาพทางกลไกทาง (Biomotor abilities)

Bompa และ Buzzichelli (Bompa and Buzzichelli, 2015) ได้กล่าวว่าความแข็งแรง ความเร็ว และความอดทน เป็นความสามารถที่สำคัญสำหรับการประสบความสำเร็จ และความสามารถที่โดดเด่นเป็นสิ่งที่กีฬาต้องการการสนับสนุนอย่างยิ่ง (ตัวอย่างเช่นความอดทนคือความสามารถที่โดดเด่นในการวิ่งทางไกล) กีฬาส่วนใหญ่ต้องการประสิทธิภาพสูงสุดอย่างน้อย 2 ความสามารถ ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแกร่ง ความเร็ว และความอดทนสร้างคุณสมบัติทางกีฬาทางกายที่สำคัญ ความเข้าใจที่ดีขึ้นของความสัมพันธ์เหล่านี้จะช่วยให้คุณเข้าใจพลังและความอดทนของกล้ามเนื้อและช่วยให้คุณวางแผนการฝึกความแข็งแรงของกีฬา ยกตัวอย่างดังรูปที่ 7

CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 7 สมรรถภาพทางกลไกพื้นฐานและสมรรถภาพที่เฉพาะเจาะจงที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานกันระหว่างสมรรถภาพทางกลไกพื้นฐาน

ที่มา : Bompa and Buzzichelli 1999. Periodization training, Weight Training.

1. การรวมความแข็งแรงและความอดทนเข้าด้วยกันทำให้เกิดความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) ความสามารถในการทำซ้ำหลายครั้งเมื่อเทียบกับความต้านทานที่กำหนดเป็นระยะเวลานาน

2. พลังความสามารถในการเคลื่อนที่อย่างกะทันหันในเวลาอันสั้นที่สุดซึ่งเป็นผลมาจากการรวมกันระหว่างความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) และความเร็วสูงสุดเข้าด้วยกัน (Maximum speed)

3. การรวมกันของความอดทนและความเร็วเรียกว่าความเร็วในการอดทน (Speed endurance)

4. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) เป็นการผสมผสานที่ซับซ้อนระหว่างความเร็ว (Speed) การประสานงาน (coordination) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และพลัง (Power) ที่สามารถเห็นได้จากกีฬายิมนาสติก มวยปล้ำ ฟุตบอล อเมริกันฟุตบอล รักบี้ฟุตบอล วอลเลย์บอล เบสบอล มวย ดำน้ำ และสเก็ตลีลา

5. เมื่อความคล่องแคล่วว่องไวและความยืดหยุ่นรวมกันผลลัพธ์ก็คือความสามารถในการเคลื่อนที่ (Mobility) เพื่อให้เกิดความสามารถในการครอบคลุมพื้นที่เล่นได้อย่างรวดเร็วด้วยเวลาและการประสานงานที่ดีมีความสัมพันธ์ที่มีความสำคัญอย่างเป็นระบบสูงระหว่างความแข็งแรง ความเร็วและความอดทน รากฐานที่มั่นคงสำหรับการฝึกเฉพาะทางนั้นถูกสร้างขึ้นในช่วงปีแรกของการฝึกฝน ขั้นตอนเฉพาะกีฬานี้เป็นข้อกำหนดสำหรับเอฟเฟกต์การฝึกที่แม่นยำอันเป็นผลมาจากการออกกำลังกายเฉพาะกระบวนการปรับตัวเกิดขึ้นตามความเชี่ยวชาญของนักกีฬา สำหรับนักกีฬาระดับสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง , ความเร็วและความอดทนนั้นขึ้นอยู่กับกีฬา ความต้องการของนักกีฬาทั่วไป นักกีฬาระดับชาติและนักกีฬาระดับสูงที่มีเป้าหมาย

6.2 ฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ

Bompa และ Buzzichelli (Bompa and Buzzichelli, 2015) ได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อด้วยใช้การฝึกด้วยน้ำหนักดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 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

ที่มา : Bompa and Buzzichelli, 1999. Periodization training, Weight Training.

6.3 ความหนักที่ใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ

Bompa และ Buzzichelli (Bompa and Buzzichelli, 1995) ได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับความหนักที่ใช้การฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อด้วยใช้การฝึกด้วยน้ำหนักดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิธีการเพิ่มระดับความหนักในการฝึก

ระดับความหนัก (Load)	เปอร์เซ็นต์ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (1RM)	ประเภทของการหดตัว
1.มากกว่าความหนักสูงสุด (Super-maximum)	มากกว่า 105%	เอกเซ็นตริก / ไอโซเมตริก
2.ความหนักสูงสุด (Maximum)	90-100%	คอนเซ็นตริก
3.ความหนักสูง (Heavy)	80-90%	คอนเซ็นตริก
4.ความหนักปานกลาง (Medium)	50-80%	คอนเซ็นตริก
5.ความหนักเบา (Low)	30-50%	คอนเซ็นตริก

ที่มา : Bompa and Buzzichelli, 1999. Periodization training, Weight Training.

7. การฝึกแบบเชิงซ้อน (Complex training)

ถาวร กมุทศรี (2550) กล่าวว่า การฝึกแบบเชิงซ้อนเป็นรูปแบบการฝึกที่รวมเอาการฝึกด้วยน้ำหนักแล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกต่อกันภายใน 30 วินาที แนวคิดการฝึกนี้เป็นการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความสูงเพื่อระดมเอาหน่วยยนต์ต่างๆของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาทำงาน เมื่อฝึกด้วยน้ำหนักเสร็จแล้วให้ฝึกแบบพลัยโอเมตริกต่อทันทีเพราะการฝึกแบบพลัยโอเมตริกต้องการให้เกิดพลังของกล้ามเนื้อในลักษณะใช้แรงระเบิดของกล้ามเนื้อ ในการฝึกแต่ละชุดต้องให้กล้ามเนื้อเป็นมัดเดียวกันกับท่าฝึกด้วยน้ำหนัก โดยปฏิบัติควบคู่กันไปเน้นให้สอดคล้องกับการนำไปใช้กับทักษะกีฬาหรือการเคลื่อนไหวโดยควรประยุต์ด้วยท่าฝึกทั้งสองรูปแบบให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

จากแนวคิดการฝึกทั้งสามรูปแบบ เมื่อทดลองหาประโยชน์จากการนำไปใช้ฝึกนักกีฬา การฝึกแบบผสมผสานหรือการฝึกเชิงซ้อนเป็นวิธีที่เกิดประโยชน์สูงสุดและได้รับความนิยมนำมาฝึกนักกีฬาประเภทที่ใช้พลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการหดตัวออกแรงค่อนข้างสูงและรวดเร็วให้สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่โดยเฉพาะในนักกรีฑาระยะสั้น ฟุตบอล รักบี้ บาสเกตบอล วอลเลย์บอล นักกีฬาเหล่านี้ควรใช้การฝึกแบบเชิงซ้อนอย่างจริงจัง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการฝึกนักกีฬาได้สรุปเหตุผลที่นำเอาการฝึกด้วยน้ำหนักฝึกคู่กับการฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีประเด็นที่ควรทำความเข้าใจ ดังต่อไปนี้

การฝึกแบบผสมผสานหรือการฝึกแบบเชิงซ้อนเป็นวิธีการฝึกเพื่อให้เกิดพลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยนำการฝึกสองรูปแบบมาผสมกัน คือ การฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ระดับความหนักสูงและฝึกต่อด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกที่ใช้วงจรการเหยียดกล้ามเนื้อออกไปแล้วหดตัวกลับ (Sort-cut) อย่างรวดเร็ว ทั้งในจังหวะที่กล้ามเนื้อหดตัวให้ความยาวเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆแล้วตามด้วยให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวลดลง การฝึกลักษณะนี้จะทำให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการฝึกแบบเชิงซ้อนมีหลักการสำคัญ คือ ต้องทำการฝึกด้วยน้ำหนักก่อนเพื่อกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อที่มีจำนวนมากแล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกภายใน 30 วินาที เพื่อให้ร่างกายดึงหน่วยยนต์จากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมาทำงานด้วยการหดตัวออกแรงให้ได้มากที่สุด ดังนั้น การฝึกเชิงซ้อนจึงเป็นรูปแบบการฝึกที่ผสมระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและต่อด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกที่ใช้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วให้ออกแรง จึงทำให้พลังของกล้ามเนื้อส่งผลต่อการเล่นกีฬาชนิดที่มีการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วให้มีประสิทธิภาพสูงสุดตลอดการแข่งขัน

การฝึกแบบผสมผสานหรือการฝึกแบบเชิงซ้อนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อร่างกายที่สำคัญ คือ ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ระดับความหนักสูงจะเพิ่มการกระตุ้นเส้นใยประสาทและการเสริมรีเฟลกซ์ (Reflex Potentation) ที่เป็นการเอื้อให้เกิดสภาวะเหมาะสมต่อการฝึกแบบ พลัยโอเมตริกตามมา ความเมื่อยล้าจากการฝึกด้วยน้ำหนักจะกระตุ้นให้ร่างกายเกิดการระดมหน่วยยนต์มาทำงานเพิ่มขึ้นในช่วงของการฝึกแบบพลัยโอเมตริก (Chu, 1996) การฝึกแบบผสมผสานนั้นนักกีฬาที่เข้ารับการฝึกต้องมีความแข็งแรงพื้นฐานโดยผ่านการฝึกด้วยน้ำหนักมาอย่างดีและใช้การฝึกพลัยโอเมตริกที่ระดับความหนักต่ำควบคู่ไปในช่วงการเครียมความพร้อมของร่างกายจากนั้นจึงเริ่มจับคู่ท่าฝึกระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักกับการฝึกพลัยโอเมตริกใน

ระดับสูงขึ้น เมื่อเข้าสู่ช่วงของการแข่งขันจึงจะเกิดประโยชน์สูงสุดและยังมีข้อเสนอแนะที่น่าสนใจ โดยสรุปได้ดังต่อไปนี้ (Ebben and Watts, 1998)

1. ความหนักและปริมาณการฝึก ต้องใช้ความหนักระดับสูงทั้งการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกแบบ พลัยโอเมตริกในปริมาณไม่มากเพื่อป้องกันการเกิดอาการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

2. การเลือกท่าฝึก ควรคำนึงถึงหลักการทางด้านชีวกลศาสตร์และความเร็วในการเคลื่อนไหวของการเล่นแต่ละชนิดกีฬาโดยเลือกท่าฝึกที่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อหลายส่วน แล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกที่มีการเคลื่อนไหวหรืออกแรงในลักษณะเดียวกัน

3. ควรฝึก 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีช่วงเวลาพักอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ให้กล้ามเนื้อที่ฝึกได้พักเพื่อปรับสภาพและการฝึกในช่วงการแข่งขันควรลดลงเหลือ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์

4. ลำดับการฝึกต้องฝึกด้วยน้ำหนักก่อน เพื่อกระตุ้นระบบประสาทให้มีการระดมหน่วยยนต์จำนวนมากแล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริกต่อทันที เพื่อให้เกิดกำลังของกล้ามเนื้อมากขึ้น

5. เวลาพักหลังจากฝึกด้วยน้ำหนักให้พัก 30 วินาที (เพื่อระดมหน่วยยนต์ให้ได้จำนวนมาก) แล้วตามด้วยการฝึกแบบพลัยโอเมตริก และหยุดพักระหว่างเซต 2 นาที เพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้าน้อยลง จะเป็นประโยชน์กับการฝึกในเซตหรือท่าฝึกต่อไป

Miller และ Park (Miller and Park, 2014) ได้กล่าวว่าการเคลื่อนไหวยกน้ำหนักแล้วตามด้วยการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก เรียกการฝึกนี้ว่าการฝึกเชิงซ้อน ซึ่งการฝึกเชิงซ้อนถือเป็นโปรแกรมการฝึกที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการพัฒนาพลังงาน เนื่องจากเป็นการสลับการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีน้ำหนักสูงและรวมกับการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริก ที่เหมือนกันทางชีวกลศาสตร์แบบดั้งเดิม ทฤษฎีของการฝึกเชิงซ้อนคือการกระตุ้นการเคลื่อนไหวของพลัยโอเมตริกที่สูงขึ้น เมื่อมีการเคลื่อนไหวของการต่อต้านก่อนหน้านี้ เนื่องจากความไวต่อการกระตุ้นเซลล์ประสาทของมอเตอร์เซลล์ประสาททำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นโดยปัจจัยสองประการของการผลิตแรงของกล้ามเนื้อที่ควรพิจารณาเมื่อใช้การฝึกเชิงซ้อนคือความเร็วของการยืดกล้ามเนื้อและปริมาณของแรงที่พัฒนาโดยกล้ามเนื้อที่ยืดออก ส่วนประกอบของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบดั้งเดิมของการฝึกเชิงซ้อนจะช่วยปรับปรุงการผลิตแรง การฝึกเชิงซ้อนจะเพิ่มความเร็วของการยืดและแรงที่เกิดขึ้น ดังนั้นการฝึกด้วยน้ำหนักรวมกับการเคลื่อนไหวแบบพลัยโอเมตริกจะส่งผลให้เกิดการผลิตพลังงานที่มากขึ้น

กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2015) ได้กล่าวว่า การฝึกด้วยน้ำหนักใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกพลัยโอเมตริก ใช้ในการพัฒนาความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่เนื่องด้วยในปัจจุบันรูปแบบการฝึกได้มีการพัฒนาเอาการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกลัยโอเมตริกมารวมเข้าด้วยกัน เรียกได้ว่าเป็นการฝึกแบบเชิงซ้อน คือ การฝึกด้วยน้ำหนักก่อนแล้วฝึกพลัยโอเมตริกตามทันที การฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก คือ การฝึกพลัยโอเมตริกพร้อมกับการฝึกด้วยน้ำหนักในคราวเดียวกัน ซึ่งการฝึกแบบนี้เป็นการรวมกันของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อมาฝึกพร้อมกัน เป็นการพัฒนาทำให้เกิดแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ

Docherty และ Hodgson (Docherty and Hodgson, 2004) ได้นำหลักการของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น มาใช้กับการทำงานของมอเตอร์ในระยะสั้นและใช้เป็นเหตุผลในการผลิตและการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อในระยะยาวผ่านการฝึกเชิงซ้อน การฝึกเชิงซ้อนเป็นการฝึกที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านที่หนัก (Heavy resistance exercise) ก่อนที่จะทำการแสดงที่เรียกว่าการจับคู่การฝึกเชิงซ้อน (Complex pair) การจับคู่การฝึกเชิงซ้อนจะถูกทำซ้ำสำหรับชุดจำนวนหนึ่งและตั้งสมมติฐานว่า เมื่อเวลาผ่านไปจะสร้างการเปลี่ยนแปลงระยะยาวในความสามารถของกล้ามเนื้อเพื่อสร้างพลังงาน ความแตกต่างของการเคลื่อนไหวที่มีแรงระเบิดมีลักษณะทางชีวกลศาสตร์ที่คล้ายกันซึ่งเป็นรูปแบบที่ชัดเจนในเวลานี้ ระหว่างผลลัพธ์ของการศึกษาที่หลากหลายนั้นเกิดจากความแตกต่างในวิธีการและการออกแบบโดยอ้างอิงถึงความหนักของการออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านหนักในช่วงพักระหว่างการฝึกเชิงซ้อน และการจับคู่การฝึกเชิงซ้อน นอกจากนี้งานวิจัยที่นำมาประยุกต์ได้รวมเอาการตอบสนองของการกระตุก (Twitch response) หรือ เอ็ชรีเฟล็ค เพื่อตรวจสอบว่าจำเป็นต้องมีการวิจัยอย่างชัดเจนเพื่ออธิบายความสำคัญของการทำงานของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการฝึกเชิงซ้อนที่มีผลต่อการผลิตการปรับตัวของกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อในระยะยาว

8. การฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric training)

ถาวร กมุทศรี (2550) กล่าวว่า ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันจากการทดลองและศึกษาของนักวิชาการรวมไปถึงผู้ฝึกสอนกีฬาทั่วโลกที่ให้การยอมรับว่าการฝึกแบบพลัยโอเมตริกที่เน้นฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงอย่างรวดเร็วเพื่อให้กล้ามเนื้อมีจังหวะของการหดตัวในลักษณะยืดออกไปแล้วหดตัวกลับในลักษณะความยาวลดลง ภายใต้เงื่อนไขว่าทุกขั้นตอนต้องปฏิบัติด้วยความเร็วสูงสุดหรือทันทีทันใด การหดตัวในลักษณะดังกล่าวจะมีผลต่อการกระตุ้นระบบประสาทที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเคลื่อนไหวโดยเฉพาะการยืดออกของกล้ามเนื้อให้เร็วยิ่งขึ้น

พลังความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความแข็งแรงที่สำคัญและจำเป็นในการเล่นกีฬา การฝึกความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักหรือแรงต้านประเภทต่างๆ จะทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นจากการขยายตัวของมัดกล้ามเนื้อที่หดตัวออกแรงสู้กับแรงต้านในจังหวะของการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวช้าแต่ไม่สอดคล้องกับการนำไปใช้โดยตรง นักกีฬาต้องการให้กล้ามเนื้อหดตัวอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดพลังที่เป็นรูปแบบการหดตัวออกแรงในขณะปฏิบัติทักษะขณะเล่นกีฬาประเภทต่างๆ ดังนั้น รูปแบบและวิธีการฝึกจึงต้องทำให้กล้ามเนื้อได้ออกแรงสูงสุดภายใต้เงื่อนไขให้กล้ามเนื้อต้องหดตัวอย่างรวดเร็ว การฝึกในรูปแบบพลัยโอเมตริกจึงถูกนำมาใช้พัฒนาพลังของกล้ามเนื้ออย่างจริงจังและได้ผลจะเป็นการกระตุ้นปฏิกิริยาการสะท้อนกลับจากการยืดของกล้ามเนื้อเพื่อระดมประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวให้มากระตุ้นกล้ามเนื้อออกแรงเพิ่มมากขึ้น โดยสรุปการฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นรูปแบบการฝึกที่กระตุ้นให้กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุดในช่วงเวลาสั้นๆ จะใช้หลักการหดตัวของกล้ามเนื้อในแต่ละครั้งที่เรียกว่า วงจรการยืดออกและหดตัวเข้า การฝึกรูปแบบพลัยโอเมตริกจึงเป็นการฝึกกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงมาอย่างดีให้เปลี่ยนคุณสมบัติมาเป็นพลังของกล้ามเนื้อ โดยการฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวเร็วขึ้นด้วยการยืดตัวออกและหดตัวกลับอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการกระตุ้นระบบประสาทที่มีหน้าที่ควบคุมการยืดตัวออกของกล้ามเนื้อให้เร็วยิ่งขึ้น การฝึกดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการกระตุ้นกล้ามเนื้อมัดที่หดตัวให้เพิ่มความเร็วมากยิ่งขึ้น การฝึกนี้ผู้ฝึกสอน

กีฬาได้นำมาใช้ฝึกนักกีฬากันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้กล้ามเนื้อทำการฝึกยืดเหยียดยาวออกแล้วต่อด้วยการหดตัวกลับแบบหดสั้นเข้าอย่างรวดเร็ว หลักการนี้สอดคล้องกับเหตุผลทางด้านสรีรวิทยา คือ กลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดเหยียดตัวออกก่อนจะหดตัว ทำให้กล้ามเนื้อมัดนั้นสามารถหดตัวด้วยความเร็วและทำให้เกิดแรงอย่างเต็มที่

การฝึกพลัยโอเมตริกเป็นการฝึกที่ทำให้เกิดการกระตุ้นปฏิกิริยาการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuron muscular System) ซึ่งเป็นกลไกที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือกล้ามเนื้อให้สั่งการอย่างรวดเร็ว ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยการยืดเหยียดออกและหดสั้นเข้า จะเกี่ยวข้องกับการฝึกรูปแบบพลัยโอเมตริกที่มีจุดประสงค์ให้กล้ามเนื้อที่ผ่านการฝึกความแข็งแรงมาอย่างดีเปลี่ยนคุณสมบัติมาเป็นกำลังกล้ามเนื้อ เพื่อทำให้ร่างกายออกแรงเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจวงจรการฝึกกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดกำลังก่อนทำการฝึก ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อในรูปแบบนี้สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของวงจรพลัยโอเมตริก

ขั้นตอน	การทำงานของกล้ามเนื้อ	ลักษณะทางสรีรวิทยา
เอกเซ็นตริก	กล้ามเนื้อมัดที่ถูกทำงานถูกยืด	- มีการสะสมพลังงานเมื่อถูกยืดออก (Elastic energy) ในส่วนของกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติเป็นแบบอิลาสติก (Series elastic component) - ตัวรับรู้การยืดออกของเส้นใยกล้ามเนื้อหรือมัสเซิล สิลปินเดิล ถูกกระตุ้น
อมอลติเซชั่น (Amortization)	ช่วงระหว่างระยะเปลี่ยนผ่านในการส่งสัญญาณระบบประสาทของขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2	มีการส่งสัญญาณผ่านเส้นประสาทไปยังไขสันหลังและส่งสัญญาณสั่งการกลับมายังกล้ามเนื้อมัดที่ทำงาน
คอนเซ็นตริก	กล้ามเนื้อมัดที่ทำงานหดสั้น	- มีการถ่ายโอนพลังจากจังหวะที่มีการยืดตัวออกของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว - สัญญาณที่ส่งผ่านไปยังกล้ามเนื้อจะกระตุ้นกล้ามเนื้อมัดที่ทำงานให้มีการหดตัวออกแรง

ที่มา : ถาวร กมุทศรี (2550) การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย Physical Fitness Conditioning

การฝึกพลัยโอเมตริกมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน คือ ต้องการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อที่เป็นการเชื่อมโยงจากการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ดำเนินมาจนมีความแข็งแรงสมบูรณ์และเมื่อนำการฝึกแบบพลัยโอเมตริกมาฝึกควบคู่มกับน้ำหนักโดยการจัดตารางการฝึกควบคู่กันโดยเฉพาะในช่วงการแข่งขัน (Competition period) จะทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงและสามารถออกแรงหดตัวอย่างรวดเร็ว เพิ่มพลังของกล้ามเนื้อที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มอัตราเร่งความเร็ว การลดอัตราความเร็วแต่ไม่เสียจังหวะ การกระโดดในรูปแบบต่างๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้การใช้แรงที่ก่อให้เกิดความเร็วและพลังของกล้ามเนื้อดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

8.1 ประโยชน์ของการฝึกแบบพลัยโอเมตริก

การฝึกแบบพลัยโอเมตริกมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ถูกฝึกด้วยแรงต้านในลักษณะต่างๆมาอย่างดี แล้วนำการฝึกพลัยโอเมตริกมาฝึกเพื่อปรับเปลี่ยนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมาเป็นพลังของกล้ามเนื้อให้ร่างกายใช้การออกแรงปฏิบัติเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ ให้ปรับเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ประโยชน์โดยตรงของการฝึกพลัยโอเมตริกที่ดำเนินไปอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องตามแผนการฝึกจะส่งผลให้เกิดการปฏิกิริยาต่อร่างกายที่เป็นประโยชน์โดยตรงต่อการเล่นกีฬา โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ดังต่อไปนี้

1. ทำให้เกิดการรวมพลังของกล้ามเนื้อที่มีปฏิกิริยาความเร็วและความสามารถในการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวในขณะเล่นกีฬาอย่างรวดเร็ว เช่น การกระโดด การเริ่มต้นออกวิ่ง การเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว

2. เกิดการระดมมประสาทที่ทำหน้าที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อให้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานมากขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มความเร็วในการทำงานของระบบเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่สั่งงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. พัฒนาระบบประสาทให้มีปฏิกิริยาความเร็วในการยืดเหยียดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อกระตุ้นให้พัฒนาความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อให้ได้ออกแรงสูงสุด พร้อมทั้งเกิดความสามารถในการยืดเหยียดและหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อการปฏิบัติซ้ำๆได้อย่างรวดเร็ว

Goran และคณะ (Goran et al., 2007) กล่าวว่า แม้ว่าโปรแกรมการฝึกโดยใช้แรงต้านที่หนักหน่วงและการฝึกชนิดของพลังระเบิดชนิดสามารถปรับปรุงพลังระเบิดที่กล้ามเนื้อและประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาแบบไดนามิกได้ นักวิจัยและผู้ปฏิบัติส่วนใหญ่ดูเหมือนจะเห็นด้วยว่า การฝึกแบบพลัยโอเมตริกเป็นวิธีการเลือกฝึกที่ดีกว่า ประสิทธิภาพในพลังระเบิดการมีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับวงจรยืดออกและหดตัวเข้า การศึกษาก่อนหน้านี้ที่ประเมินผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกนี้สามารถช่วยเพิ่มพลังในการยืดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก การฝึกพลัยโอเมตริกได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นวิธีการฝึกที่มีมาตรฐานที่ใช้สำหรับการปรับปรุงพลังกล้ามเนื้อขาและประสิทธิภาพทางการกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Kevin และคณะ (Kevin et al., 1993) กล่าวว่า ประสิทธิภาพทางการกีฬาที่ดีขึ้นเกิดจากความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงแรงสูงสุดในเวลาที่น้อยที่สุด พลังกล้ามเนื้อที่สูงสุดได้รับการพัฒนามาจากการเคลื่อนไหวของนักกีฬาที่ทำให้เกิดวงจรการยืดออกและหดตัวเข้าซ้ำกันหลายๆ ครั้ง วงจรการยืดออกและหดตัวเข้าเกิดขึ้นเมื่อความหนักที่ถูกยืดออกผ่านการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกตามด้วยการระเบิดของการหดสั้นเข้าผ่านการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกภายในกล้ามเนื้อ รูปแบบของการออกกำลังกายที่เรียกว่าพลัยโอเมตริกมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและทรงพลังที่เกี่ยวข้องกับการหดเกร็งของกล้ามเนื้อตามด้วยการควบคุมกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าในกล้ามเนื้อขา แต่มีข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมพลัยโอเมตริกส่วนบนของร่างกาย ที่บอกถึงลักษณะการขว้างนั้นจำเป็นต้องมีการยืดหยุ่นเพื่อให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อสูงสุดเพื่อให้เกิดแรงระเบิดออกมา การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกใช้แนวคิดของวงจรการยืดออกและหดตัวเข้า แนวคิดมีการฟื้นฟูของการฝึกเฉพาะเจาะจงแสดงที่ให้เห็นถึงการฝึกการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกควรดำเนินโดยนักกีฬาประเภทขว้าง เป็นพื้นฐานทางทฤษฎีสำหรับการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่สามารถอธิบายถึงโปรแกรมการออกกำลังกาย

McNeely (McNeely, 2005) ได้กล่าวว่า ภายในกล้ามเนื้อมีมัสเซิล สปินเดิล (Muscle spindle) ที่ทำหน้าที่รับรู้การยืดของกล้ามเนื้อ ในกรณีที่กล้ามเนื้อเกิดการยืดตัวอย่างรวดเร็ว มัสเซิลสปินเดิลจะส่งกระแสประสาทรับความรู้สึกไปยังสันหลังและจะตอบสนองอย่างรวดเร็ว โดยกระแสประสาทสั่งการให้กล้ามเนื้อมัดที่เกิดการยืดออกนั้นหดตัว และยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อด้านตรงข้าม (Antagonist muscle) ซึ่งยิ่งกล้ามเนื้อเกิดการยืดออกเร็วมากจะยิ่งส่งผลให้แรงหดตัวที่เกดจากรีเฟล็กซ์นี้มากขึ้น จากการฝึกพลัยโอเมตริกในขณะที่ลงสู่พื้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการยืดตัวออกอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบที่เกี่ยวของกับความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ ตลอดจนรีเฟล็กซ์การยืดซึ่งในการฝึกจะต้องมีการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวเร็วตามมา (เช่นการกระโดดขึ้นทันทีภายหลังจากย่อลง) จึงจะได้รับประสิทธิภาพจากการฝึกพลัยโอเมตริก

9. การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric loading)

มีการบันทึกไว้ว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านอย่างต่อเนื่องช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการเก็บสะสมแรงและพลังของกล้ามเนื้อในการออกแรง (Hakkinen et al., 1988 ; Kreaemer et al., 2002) การปรับปรุงเหล่านี้ส่วนใหญ่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ และการปรับตัวของประสาทและกล้ามเนื้อ (Aagaard et al., 2002 ; Tesch, 1988) การตอบสนองของกล้ามเนื้อโครงร่างส่วนใหญ่เป็นการตอบสนองต่อแรงกระตุ้นเชิงกลและการตอบสนองที่มากขึ้นได้รับการปฏิบัติในการฝึกเอกเซ็นตริกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงขนาด (Hortonagyi et al., 1996 ; Vikne et al., 2006) การระดมหน่วยยนต์ ได้รับการยืนยันในทางปฏิบัติในการฝึกแบบเอกเซ็นตริก (Nardone and Shieppati, 1989) แต่ว่าอย่างไรก็ตามการฝึกเอกเซ็นตริกอย่างเดียวอาจถูกจำกัดในการถ่ายโอนไปยังการเล่นกีฬาเนื่องจากการขาดความจำเพาะของงานและการมีส่วนร่วมที่จำกัดของวงจรการยืดออกและหดตัวเข้า (Hortobagyi et al., 1996 ; Higbie et al., 1996) เมื่อพิจารณาถึงการมีส่วนร่วมของวงจรการยืดออกและหดเข้าในการกระทำของกีฬาที่หลากหลาย การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก คือกำหนดความหนักการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกเกินกว่ากำหนดความหนักการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก การฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะ

ช่วยให้การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความยาวที่มากขึ้น เนื่องจากมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อมากขึ้น (Gane and Gaunt, 1991 ; Griffiths, 1991) การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างแบบเฉพาะ จึงทำให้มีการพัฒนากล้ามเนื้อได้มากกว่าการใช้น้ำหนักแบบเดิมๆซึ่งอาจจะนำไปประยุกต์ใช้กับกีฬาที่มีความเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อแบบการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก เช่น การฝึกวงจรการยืดออกของกล้ามเนื้อ และทำให้การผลิตกำลังที่ยืดออกและหดเข้าของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้น ด้วยวิธีการฝึกนี้มีหลักฐานว่ามีการเปลี่ยนแปลงในไมโอซินเฮฟวีเชน ที่เร็วขึ้นและการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (Friedmann et al., 2004 ; Friedmann et al., 2010) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มักจะมาพร้อมกับการปรับปรุงพลังของกล้ามเนื้อและการสร้างพลังของกล้ามเนื้อ (Friedmann et al., 2010 ; Brandenburg and Docherty, 2002 ; Doan et al., 2002 ; Godard et al., 1998 ; Kaminski et al., 1998 ; Ojasto and Hakkinen, 2009 ; Walker et al., 2016) นอกจากนี้การค้นพบก่อนหน้านี้รายงานการเปลี่ยนแปลงที่น่าพึงพอใจในการกระโดดและการขว้างปา การกระทำที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจทำให้การถ่ายโอนได้ดีกับประสิทธิภาพนักกีฬาเมื่อนำไปใช้กับการฝึกความแข็งแรงและการฝึกพลัยโอเมตริก

9.1 ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Performance Implications for Accentuated Eccentric Loading)

9.1.1ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength)

การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเป็นรูปแบบการฝึกที่มีศักยภาพสำหรับนักกีฬาที่ช่วยสร้างแรง (Force production) (Doan et al., 2002 ; Walker et al., 2016) พัฒนาอัตราของการเกิดแรง (Rate of force development) (Aboodarda, 2013) อัตราความเร็ว (Velocity) (Sheppard et al., 2008) พลังของกล้ามเนื้อ (Power) (Aboodarda, 2013) ประสิทธิภาพของนักกีฬา (Athletic performance) (Aboodarda, 2013 ; Sheppard et al., 2008) การสร้างแรงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดทุกอย่างที่กล่าวมา ทั้งในการฝึกโดยทั่วไป และการฝึกทักษะเฉพาะ (Suchomel et al., 2016) การศึกษาการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ส่งผลต่อการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อมีหลายรูปแบบ Hortobagi และคณะ (Hortobagi et al., 2001) ได้ใช้เวลา 7 วัน เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดหัวเข่า (Knee extension) ระหว่างกลุ่มผู้หญิงที่ฝึกการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกที่เกินกำลัง (Eccentric overload) โดยเพิ่มน้ำหนักร้อยละ 40-50% ของการฝึก กับกลุ่มผู้หญิงที่ไม่เคยได้รับการฝึก ปรากฏว่ากลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (27%) อาจเกิดจากการที่กล้ามเนื้อของกลุ่มที่ไม่ได้ฝึกมีความไวต่อการกระตุ้น ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อมีการปรับตัวในการตอบสนอง คล้ายๆกับการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก งานวิจัยของ Doan และคณะ (Doan et al., 2002) ได้สนับสนุนหลักการดังกล่าวโดยพบว่าการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าเบนเพลส (Bench press) ทำให้ค่า 1RM ของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก เพิ่มขึ้น 2.27-6.80 กิโลกรัม ตามที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพแบบเฉียบพลันของการสร้างแรงกล้ามเนื้อ โดยผ่านกลไกที่มีศักยภาพหลายอย่าง รวมถึงการเพิ่มความไวในการตอบสนองของแคลเซียมและการเพิ่มแรงขับเคลื่อนของระบบประสาท (Sweeney et al., 1993) อย่างไรก็ตามการสร้างแรงในการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้าอย่าง

เฉียบพลันได้ (Sale, 2002 ; Rassier and Macintosh, 2000) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการกำหนดน้ำหนักที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงสูงสุด Ojasto และ Hakkine (Ojasto and Hakkine, 2009) ได้ใช้รูปแบบของการท่าเบนเพลสในการเปรียบเทียบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับกลุ่มฝึกการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกในกลุ่มทดลองผู้ชายที่มีความแข็งแรง รูปแบบดังกล่าวได้เปรียบเทียบน้ำหนักที่ต่างกัน คือความหนักที่ 100% ,105% , 110%, และ 120% ของหนึ่งอาร์เอ็ม ของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่ หนึ่งอาร์เอ็ม ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองของการฝึกหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ไม่ส่งผลต่อใดๆต่อความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ (Doan et al., 2002 ; Ojasto and Hakkine, 2009 ; Rassier and Macintosh, 2000) ในภาพรวมของการวิจัยพบว่าการใช้การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกแบบเฉียบพลันได้ส่งผลที่ไม่สอดคล้องกับการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกในภาวะที่ใช้น้ำหนักและกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน การเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดแบบเฉียบพลันโดยใช้การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกนี้จะเป็นทฤษฎีพื้นฐานในการค้นคว้าต่อไป การศึกษาเพิ่มเติมของการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจจะชี้ให้เห็นถึงน้ำหนักที่พอเหมาะในการออกแบบการฝึกที่ทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดและอาจเป็นกรอบในการค้นคว้าที่สำคัญต่อไป ในการศึกษาระยะยาวผลกระทบของการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกต่อความแข็งแรงได้ผลลัพธ์ออกมากหลากหลาย ขึ้นอยู่กับรูปแบบการทำวิจัย ระยะเวลา และพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่าง

Godard และคณะ (Godard et al., 1998) พบว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกช่วยเพิ่มการยืดกล้ามเนื้อบริเวณหัวเข่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก : 120/80% หนึ่งอาร์เอ็ม) เมื่อเทียบกับการเพิ่มน้ำหนักแบบทั่วไป (80% หนึ่งอาร์เอ็ม) นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของเส้นรอบวงของต้นขาในการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเนื่องจากมีความแข็งแรงที่มากขึ้น ดังนั้นการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจึงมีความสำคัญในการพัฒนาระบบประสาทพร้อมๆกับการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้งานวิจัยของ Kaminski และคณะ (Kaminski et al., 1998) ที่พิสูจน์ให้เห็นว่าการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก เนื่องจากการทดลองดังกล่าวใช้เวลาสั้น จึงทำให้ความแข็งแรง และขนาดของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่มีความเปลี่ยนแปลงชัดเจนในข้อมูลของระบบประสาท เพื่อสนับสนุนสมมุติฐานดังกล่าว Brandenburg และ Docherty (Brandenburg and Docherty, 2002) ได้ทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อระหว่างการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการฝึกแบบคอนเซ็นตริกในเพศชายที่ได้รับการฝึกปานกลางโดยใช้เวลา 9 สัปดาห์ โดยการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกใช้น้ำหนักร้อยละ 110-120 ของหนึ่งอาร์เอ็ม ส่วนช่วงคอนเซ็นตริกใช้น้ำหนัก ร้อยละ 70 ของหนึ่งอาร์เอ็ม ทำการฝึก 10 ครั้ง 3 ชุด เท่าๆกัน ผลปรากฏว่าช่วงคอนเซ็นตริกไม่มีความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน ถึงแม้ว่าจะเพิ่มน้ำหนักเป็นร้อยละ 75 ของหนึ่งอาร์เอ็ม และฝึกถึง 10 ครั้ง จำนวน 4 ชุด ก็ไม่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งแตกต่างจากการค้นพบของ Godard และคณะ (Godard et al., 1998) Brandenburg และ Docherty (Brandenburg and Docherty, 2002) ที่สังเกตว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อที่ต้นขา

ด้านหน้าของกลุ่มทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท (LaStayo et al., 2003)

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ Walker และคณะ (Walker et al., 2016) ที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อโดยที่ขนาดของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาฝึก 10 สัปดาห์ ในการฝึกเปรียบเทียบระหว่างการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการเพิ่มน้ำหนักแบบทั่วไป ถึงแม้ว่ามีการประยุกต์ใช้กลไกลของการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในการฝึก แต่การเลือกชนิดของการออกกำลังกายอาจเป็นข้อจำกัดในการส่งผลต่อนักกีฬาแต่ละประเภท (Brandenburg and Docherty, 2002 ; Walker et al., 2016) จากการค้นคว้าของ Yarrow และคณะ (Yarrow et al., 2008) เป็นหนึ่งตัวอย่างที่มีการใช้การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในการฝึกนักกีฬาท่าแบค สควอท และเบนเพลส (back squat and bench press) จากการวิจัยพบว่าความสามารถของการยกเบนเพลสเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ของหนึ่งอาร์เอ็ม และการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกในท่าแบค สควอทเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ของหนึ่งอาร์เอ็ม เมื่อเทียบกับการยกน้ำหนักแบบทั่วไป ถึงแม้ว่าจะมีผลลัพธ์คล้ายกับงานวิจัยของ Yarrow และคณะ (Yarrow et al., 2008) แต่ก็แตกต่างกันในการใช้น้ำหนัก (Hakkinen, 1985) ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงงานวิจัยที่ผ่านมาจึงมีความสมเหตุสมผลที่จะคาดการณ์ว่า การเพิ่มความแข็งแรงโดยการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะช่วยพัฒนาให้การหดตัวแบบคอนเซ็นตริกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (Brandenburg and Docherty, 2002 ; Godard et al., 1998 ; Walker et al., 2016) แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจทำให้ประสิทธิภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแต่ก็อาจจะส่งผลต่อความเร็วและคล่องแคล่วว่องไวที่ลดลง โดยรวมแล้วจากการศึกษาจากการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงผ่านทางระบบประสาทเป็นอันดับแรกและขนาดของกล้ามเนื้อจะพัฒนาเพิ่มขึ้นในระยะต่อมา อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม่มีความสอดคล้องกันในการออกแบบการทดลอง การเลือกใช้การออกกำลังกายสำหรับชนิดของกีฬาจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อป้องกันผลกระทบระยะยาวของการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

9.1.2 สมรรถภาพพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive performance)

การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อประสิทธิภาพของพลังระเบิดในกล้ามเนื้อโดยใช้การกระโดดอยู่กับที่ (Static jumps) การกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ การกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ และการขว้าง (Throws) เป็นแบบทดสอบ Sheppard และ Youn (Sheppard and Young, 2010) ได้แสดงให้เห็นว่าการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกได้โดยการใช้ท่าเบนโทร (Bench throw) เป็นแบบทดสอบ ในส่วนของประสิทธิภาพของแรงระเบิดกล้ามเนื้อนั้น งานวิจัยส่วนใหญ่ค้นพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Aboodarba และคณะ (Aboodarba et al., 2013) ได้ทำการทดลองการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการทดสอบการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ พบว่าค่าของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 มวลกล้ามเนื้อมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แรงในการกระโดด (Vertical ground reaction forces) เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.34 พลัง (Power output) เพิ่มขึ้นร้อยละ 23.21% สัญญาณประสาท (Net impulse) เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.65 และกระโดดสูง (jump height) เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.52 ในการศึกษาเพื่อติดตามการวิจัยดังกล่าว

(Aboobrada, et al., 2014) ยังพบว่าการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกช่วยให้ค่าของการโดดแบบดร็อปจั้มพ์ทำได้ดีขึ้นโดยมีค่าสัญญาณประสาท , อัตราการเร่งของพลัง (Rate of force development) และมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 Aboodarba และคณะ (Aboobrada et al., 2014 ; Aboobrada et al., 2013) ได้สังเกตเห็นผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในรูปแบบการวิจัยที่เหมือนกัน อย่างเช่น การเลือกการออกกำลังในท่าที่ต่างกันและความแข็งแรงที่แตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง (Aboobrada et al., 2014 ; Aboobrada et al., 2013 ; Komi, 1984 ; Cormie et al., 2009 ; Cormie et al., 2010 ; Stone et al., 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าการวอร์มด้วยรูปแบบของแอโรบิคนั้นส่งผลต่อการทดลอง

นอกจากนี้การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังทำให้พลังระเบิดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในการทดสอบท่าจั้มพ์สควอท (Jump squats) โดยทำให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการเก็บพลังงานของแรงยืดตัวได้เร็วขึ้น เมื่อเทียบกับการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก (Moore, 2007 ; Thys et al., 1972 ; Komi, 1984) แต่ในการศึกษาของ Sheppard และคณะ (Sheppard et al., 2007) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการฝึกแบบทั่วไปในนักกีฬาวอลเลย์บอลโดยการใช้การกระโดดสูง กลับพบว่าการฝึกแบบทั่วไปมีค่าที่ดีกว่า ซึ่งอาจจะมีผลมาจากการกำหนดน้ำหนักและการเลือกประเภททดสอบที่แตกต่างกัน Sheppard และคณะ (Sheppard et al., 2007) ได้ทำการทดลองการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกโดยใช้ท่าดร็อปปิ้งดัมเบล (Dropping dumbbells) พบว่ากล้ามเนื้อมีพลังงานเก็บสะสมได้เร็วขึ้นและช่วยให้กระโดดได้ดีขึ้น (Thys et al., 1972 ; Komi, 1984)

9.2 กลไกที่ทำให้เกิดศักยภาพของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกแบบเฉียบพลัน

9.2.1 ระบบประสาท (Neural)

กลไกลที่แท้จริงของการทำงานระบบประสาทที่ทำให้การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกส่งผลต่อประสิทธิภาพในการฝึกยังไม่มีการอธิบายอย่างชัดเจน แต่ก็มีการตั้งสมมติฐานไว้หลายประการ เช่น การลดลงของอัตราการรับส่งสัญญาณประสาท เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าในภาวะที่ใช้น้ำหนักเดียวกัน (Pasquet et al., 2000 ; Tesch et al., 1990) นอกจากนี้การเพิ่มน้ำหนักที่มากขึ้นในการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจทำให้มีแรงขับเคลื่อนของระบบประสาทมีกำลังมากขึ้น (Moore et al., 2007) และแรงขับเคลื่อนของสัญญาณประสาทอาจกระตุ้นให้เกิดการปรับตัวของศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อ ทำให้มีการยับยั้งสัญญาณประสาทที่ไขสันหลังในช่วงของการกระทำการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก (Gruber et al., 2009) การตอบสนองดังกล่าวจะเกิดขึ้นทั้งในภาวะระดับสูงสุด (Maximal) และต่ำกว่าระดับสูงสุด (Sub-maximal loading) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลไกการทำงานของระบบประสาทของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกทำให้เกิดการกระตุ้นที่เป็นลักษณะเฉพาะ (Duchateau and Enoka, 2016) ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มน้ำหนักที่มากขึ้นและเร็วขึ้นในการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจทำให้มีการเลือกและรวมรูปแบบของหน่วยยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงเข้าด้วยกันทำให้กล้ามเนื้อสร้างกำลังได้มากขึ้น (Nardone and Schieppati, 1989)

การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะช่วยให้การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อที่ยาวมากขึ้น (Gane and Gaunt, 1991 ; Griffiths, 1991) ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะมีลักษณะคล้ายๆกับมีการสะสมของพลังงานการยืดเหยียดไว้ในช่วงของการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกแล้ว

ไปเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อในช่วงของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่ทำงานสลับกันไป (Komi and Bosco, 1978 ; Bobbert, 1987 ; Cronin et al., 2001) ซึ่งกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผ่านไปยังช่วงของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกกล้ามเนื้อจะมีความตึงตัวและยืดหยุ่นได้มากขึ้น (Bobbert, 1996) การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเลือกหน่วยยนต์ที่มีประสิทธิภาพเข้าด้วยกันแล้วการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังมีกระบวนการนำเข้าสัญญาณประสาทที่หลากหลายกว่าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Moore et al., 2007 ; Duchateau and Enko, 2016 ; Kay, 2000) กระบวนการดังกล่าวอาจจะมีความสัมพันธ์กับการลดลงของเวลาในการยืดกล้ามเนื้อ การคืนสภาพของศักย์ไฟฟ้า รวมทั้งการตอบสนองของแบบอัตโนมัติที่ลดลง (Balshaw, 2013) เมื่อความว่องไวของศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อและไขสันหลังลดลงจะส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้า และเอ็ช รีเฟล็ก ลดลง (Abbruzzese et al., 1994) ในการทดลองการเน้นความหนักของเอกเซ็นตริกที่ต่ำกว่าระดับสูงสุดและการหดตัวสูงสุดยังพบว่า กราฟคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกกับกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Enoka, 1996 ; Tesch, 1988) เนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างแบบเฉพาะ จึงทำให้มีการพัฒนากล้ามเนื้อได้มากกว่าการใช้น้ำหนักแบบเดิมๆ ซึ่งอาจจะนำไปประยุกต์ใช้กับกีฬาที่มีความเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก เช่น การฝึกวงจรการยืดออกของกล้ามเนื้อ

9.2.2 ระบบเมตาบอลิซึมและต่อมไร้ท่อ (Metabolic and Endocrine)

การตอบสนองของฮอร์โมนและเมตาบอลิซึมที่มีอยู่ในการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกนั้นจำกัดเช่นกัน Yarrow และคณะ (Yarrow et al., 2007 ; Yarrow et al., 2008) ไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นหรือการตอบสนองของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนหรือฮอร์โมนการเจริญเติบโตตามที่การเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (เอกเซ็นตริก / คอนเซ็นตริก: 100/40% หนึ่งอาร์เอ็ม) หรือความหนักทั่วไป (52.5% หนึ่งอาร์เอ็ม) ของการออกกำลังกายในท่าเบนเพลสและท่าสควอท อย่างไรก็ตามมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเทสโทสเตอโรน ไบโอวายราเบิล (Testosterone bioavailable) ที่ทุกเวลา (15, 30, 45 และ 60 นาที) ภายใต้เงื่อนไขความหนักของทั้งสองนี้ อาจบ่งบอกว่าฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนจำนวนมากถูกผูกไว้กับตัวรับแอนโดรเจนซึ่งจะกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนในเวลาต่อมาและสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ Tarrow และคณะ (Yarrow et al., 2007) จะสังเกตเห็นความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากการฝึกที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกเปรียบเทียบกับการเพิ่มความหนักแบบทั่วไป การค้นพบนี้สนับสนุนผลลัพธ์ของ Ojasto และ Hakkine (Ojasto and Hakkine, 2009) ได้รายงานแนวโน้มของความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดสูงขึ้นโดยมีค่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่สูงขึ้นเรื่อยๆตั้งแต่ 80-100% คอนเซ็นตริก ของหนึ่งอาร์เอ็ม ที่กำหนดในช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นติกที่มีค่าคงที่ 70% หนึ่งอาร์เอ็ม แม้ว่าผลลัพธ์เหล่านี้จะไม่ถึงนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มนี้ยังได้กล่าวถึงศักยภาพของการตอบสนองแบบรายบุคคลต่อความเข้มข้นการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่แตกต่างกันตามระดับความแข็งแรงสูงสุดเนื่องจากพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างเงื่อนไขความหนักที่ให้การตอบสนองแลคเตทสูงสุด แม้ว่าจะมีการสังเกตแลคเตทที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง Yarrow และคณะ (Yarrow et al.,

2008) ได้ขยายการพิจารณาแลคเตทในการติดตามผลโดยสังเกตการปรับปรุงที่สำคัญทางสถิติที่ 45 และ 60 นาทีหลังการฝึกอบรมในการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเทียบกับการโหลดไอโซคิเนติกทั้งหมดในขณะที่เครื่องทำงานทั้งหมดน้อยลง ผลการวิจัยของ Ojasto และ Hakkine (Ojasto T, and Hakkine K. 2009 แนะนำว่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอาจให้การกระตุ้นด้วยไกลโคไลติก (Glycolytic) เป็นหลักโดยให้คุณค่าที่มีศักยภาพในการฝึกความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬา (Yarrow et al., 2007 ; Yarrow et al., 2008)

Bridgeman และคณะ (Bridgeman et al., 2017) ได้วัดครีเอตินไคเนส (Creatine kinase) เพื่อเป็นเครื่องหมายของการออกกำลังกายที่สร้างความเสียหายของกล้ามเนื้อหลังจากการกระโดดแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเทียบเท่ากับ 20% ของมวลร่างกายที่ได้รับจากดัมเบล ระดับครีเอตินไคเนสสูงสุด 24 ชั่วโมงหลังจากช่วงเริ่มต้นและการแข่งขันตามลำดับ 2 สัปดาห์ต่อมาโดยมีขนาดของเอฟเฟกต์ที่เล็กลง ที่น่าสนใจคือรายงานระดับคลีเอคินไคเนสนั้นมีขนาดเล็กลงในระหว่างการแข่งขันเริ่มช่วงต้น เมื่อเทียบกับการแข่งขันครั้งถัดไปแม้จะหยุดพักก็ตาม อย่างไรก็ตามนี่อาจเป็นเพราะความสัมพันธ์ของปริมาณการตอบสนองและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการแข่งขันครั้งแรกรวม 5 x 6 ในขณะที่การแข่งขันครั้งต่อมารวม 5 x 10 ดังนั้นจึงเปลี่ยนปริมาณที่ใช้จากเซสชันเป็นอีกเซสชันหนึ่ง ปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรุนแรงเช่นนี้อาจอธิบายถึงความต่อเนื่องของคลีเอตินไคเนสที่มากขึ้นซึ่งหากนำมาใช้เป็นดัชนีความเสียหายของกล้ามเนื้ออาจบ่งบอกถึงความจำเป็นในการฝึกซ้อมขั้นสูงอย่างระมัดระวัง นั่นก็เป็นที่น่าสังเกตว่าคลีเอตินไตเนสไม่ได้เป็นเพียงตัวบ่งชี้ความเสียหายของกล้ามเนื้อเท่านั้น เนื่องจากเอนไซม์ และ ไซโตไคน์ (Enzymes and Cytokines) อื่นๆอาจต้องได้รับการพิจารณา (Brancaccio et al., 2010 ; Sorichter et al., 1997) เมื่อนำมารวมกันผลลัพธ์เหล่านี้จะบ่งชี้ว่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก การตอบสนองของแลคเตทที่เพิ่มขึ้นควบคู่ไปกับการกู้คืนแลคเตทที่เพิ่มขึ้นนั้นมีข้อบ่งชี้ว่ารูปแบบการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกบางตัวมีเป้าหมายที่ความจุและประสิทธิภาพของระบบไกลโคไลติก ยิ่งกว่านั้นปรากฏว่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีการตอบสนองของโปรตีนสังเคราะห์ที่คล้ายกันเมื่อเทียบกับการเน้นความหนักแบบดั้งเดิม สำหรับการฝึกการใช้งานรูปแบบการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกบางอย่างอาจให้การกระตุ้นการเผาผลาญที่คล้ายกันกับบล็อกฝึกที่มีความทนทานต่อความแข็งแรงของปริมาตร อย่างไรก็ตามภายใต้ปริมาตรที่เท่ากันก็สามารถทำได้โดยใช้ความหนักที่สูงขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตที่ต้องการและให้ปริมาณความหนักที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับนักกีฬาที่มีกำลังสูง

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 งานวิจัยในประเทศ

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2548) ได้ศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน แล้วสุ่มวิธีการทดลองให้แต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม จะฝึกตามปกติ กลุ่มทดลองฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและฝึกตามปกติ โดยฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการ

เร่งความเร็ว และความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ยองสะโพก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดและการฝึกตามปกติมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ฝึกตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ได้ศึกษาผลฉับพลันพลังของการใช้ยางยืดที่มีต่อพลังสูงสุดของการกระโดดแนวดิ่งและเพื่อเปรียบเทียบพลังสูงสุดของการกระโดดแนวดิ่งที่เกิดจากการใช้ยางยืดที่มีแรงต้านแตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักกีฬาวอลเลย์บอลระดับเยาวชนของโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร อายุ 14-18 ปี เพศหญิง จำนวน 9 คน โดยทำการกระโดดแนวดิ่งร่วมกับยางยืดที่มีแรงต้านแตกต่างกัน 4 แรงต้าน ผลการวิจัยยางยืดทุกขนาดแรงต้านนั้นมีผลฉับพลันในการเกิดพลังสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปว่ายางยืดทุกขนาดแรงต้านสามารถนำไปใช้ฝึกนักกีฬา เพื่อพัฒนาพลังสูงสุดของการกระโดดในแนวดิ่งได้

นนทนันต์ เผ่าภูรี (2560) ได้ศึกษาผลและเปรียบเทียบผลการฝึกแบบเชิงซ้อนที่มีต่อความเร็วในการวิ่ง 50 เมตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนิสิตชายวิชาเอกพลศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุบลราชธานี จำนวน 30 คน เลือกกลุ่มตัวตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน นำนิสิตมาทดสอบความเร็วในการวิ่ง 50 เมตร บ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1. กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วในการวิ่งระยะทาง 50 เมตร ระหว่างการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ไม่แตกต่างกัน แต่ก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05
กลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความเร็วในการวิ่งระยะทาง 50 เมตร ระหว่างก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 กับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

รณภพ ชาวปลายนา และทศพร ยิ้มลมัย (2561) ได้ศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกที่มีผลต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลโดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 25 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะได้รับการฝึกพื้นฐานด้วยแรงต้านก่อนการทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริก 13 คน และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 12 คน ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกทำการฝึกในท่าแบค สควอทความหนักที่ 120% ของหนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 4 ครั้ง และกลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปทำการฝึกในท่าแบค สควอทความหนักที่ 80% ของ 1RM จำนวน 6 ครั้ง โดยทั้ง 2 กลุ่มจะฝึกสลับกับการฝึกพลัยโอเมตริก (เซตต่อเซต) จำนวน 4 ชุด มีระยะพักระหว่างเซต 5 นาที สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบความแข็งแรง พลัง ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการวิ่ง 10 และ 20 เมตร ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนและหลังทำการทดลองสัปดาห์ที่ 6

ผลวิจัยพบว่ากลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกมีความแข็งแรง พลัง ความแข็งตัวของกล้ามเนื้อขาและความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีเพียงความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าความแข็งแรงในการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ขณะที่ตัวแปรอื่นไม่พบความแตกต่างกัน สรุปผลการวิจัย การฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซ็นตริกมีแรงโน้มในการพัฒนาสรรมถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

กัมปนาท ประดิษฐ์เสรี ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2553) ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกพลังของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และการฝึกดร็อปจั้มพ์ ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาวอลเลย์บอลชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 20 คน ได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกพลังของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกดร็อปจั้มพ์ ทำการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว พลังของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลองและหลังการทดสอบสัปดาห์ที่ 6

ผลการวิจัยปารกฏว่า กาฝึกพลังของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และการฝึกดร็อปจั้มพ์ มีการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อขา ความสามารถในการเร่งความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มการฝึกแบบเอกเซ็นตริกมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มการฝึกดร็อปจั้มพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกแบบเอกเซ็นตริกสามารถพัฒนาได้ครบทุกองค์ประกอบของสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา

10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

John และคณะ (John et al., 2017) ได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก คือกำหนดโหลดของการยืดออกของกล้ามเนื้อเกินกว่ากำหนดโหลดการหดตัวเข้าของกล้ามเนื้อ การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะช่วยให้การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อมีความยาวอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ เนื่องจากมีการยืดตัวของเอ็นกล้ามเนื้อมากขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะมีลักษณะคล้ายๆ กับมีการสะสมของพลังงานการยืดเหยียดไว้ในช่วงของการหดแบบเอกเซ็นตริกแล้วไปเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ของกล้ามเนื้อในช่วงของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่ทำงานสลับกันไป ซึ่งกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผ่านไปยังช่วงของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่นได้มากขึ้นมการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาญประสาทและเลือกหน่วยยนต์ที่มีประสิทธิภาพเข้าด้วยกันแล้วการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกยังมีกระบวนการนำเข้าสัญญาณประสาทที่หลากหลายกว่า เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า เนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างแบบเฉพาะ จึงทำให้มีการพัฒนากล้ามเนื้อได้มากกว่าการใช้น้ำหนักแบบเดิมๆ ซึ่งอาจจะนำไปประยุกต์ใช้กับกีฬาที่มีความเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อแบบการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก เช่น การฝึกวงจรการยืดออกของกล้ามเนื้อ และทำให้การผลิตกำลังที่ยืดออกและหดเข้าที่สูงขึ้น ด้วยวิธีการฝึกนี้

มีหลักฐานว่ามีการเปลี่ยนไปในไมโอซินเฮฟวีเชนที่เร็วขึ้นและการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ

Helmi และคณะ (Helmi et al., 2018) ได้กล่าวว่าการเพิ่มขึ้นว่าการฝึกความแข็งแรงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกดูเหมือนจะมีประโยชน์มากกว่าการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม (เช่นการฝึกความแข็งแรงที่มีการรวมกันของกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซ็นตริกและกล้ามเนื้อหดตัวแบบตอนเซ็นตริก) จากระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และกระดูกเมตาบอลิซึม ทำให้มุมมองความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซ็นตริกเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการทำให้ช้าลงและสร้างความมั่นคง ทำให้ร่างกายมีเสถียรภาพในระหว่างการหยุดของการออกกำลังกายในท่ากระโดดหรือในระหว่างการเปลี่ยนแปลงทิศทาง (Chang Of Direction) อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการวิจัยเพียงน้อยได้ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายผลของการฝึกความแข็งแรงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกหรือการฝึกความแข็งแรงโดยเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่เน้นประสิทธิภาพของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง ความคิดเห็นในปัจจุบันนี้เสนอผลการวิจัยจากการศึกษาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกและประสิทธิภาพความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง นอกจากนี้การศึกษาที่มีอยู่ไม่เกี่ยวกับผลกระทบของการฝึกความแข็งแรงด้วยการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาส่วนใหญ่ ในที่สุดเสนอการฝึกความแข็งแกร่งโดยเน้นความหนักเอกเซ็นตริกซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีแนวโน้มในโปรแกรมความแข็งแกร่งและการปรับสภาพของนักกีฬาที่ต้องการความเร็วสูงในการเปลี่ยนทิศทาง ผลการวิจัยจากการศึกษาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับปานกลางถึงขนาดใหญ่ (r = 0.45-0.89) ระหว่างการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซ็นตริกและประสิทธิภาพความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางในนักกีฬาส่วนใหญ่ การศึกษาระบุว่ามีการแทรกแซงสามครั้งมีคุณภาพที่จำกัด วิธีการและการรายงานผลขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ (d 0.46-1.31) ของการฝึกความแข็งแรงโดยเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่เน้นความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางต่อรูปแบบในนักกีฬาแต่เบื้องต้นและจากมุมมองที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ แนะนำโค้ชควรมีการฝึกความแข็งแกร่งและการเตรียมตัว เพื่อรวมการฝึกความแข็งแรงด้วยการทำเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในการฝึกซ้อมกีฬาที่มีความต้องการความเร็วสูง (เช่นฟุตบอล แฮนด์บอล บาสเก็ตบอล และฮ็อกกี้) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาโดยเฉพาะ

John และคณะ (John et al., 2018) ได้ศึกษาผลของการทำซ้ำๆและการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของจลน์และจลศาสตร์ในท่าสควอตโดยใช้การเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และคลัสเตอร์เซต (Cluster set) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเพศชายที่ผ่านการฝึกโดยใช้แรงต้าน โดยแบ่งการฝึกทั้งหมดเป็น 4 ช่วง มีดังนี้ ช่วงที่ 1 การฝึกด้วยน้ำหนักแบบชุดตรง (Traditionally straight sets) ช่วงที่ 2 การฝึกด้วยน้ำหนักแบบชุดคลัสเตอร์ (Traditionlly loaded cluster sets) ช่วงที่ 3 การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีแบบชุดตรง(Accentuated eccentric loading straight sets) ช่วงที่ 4 การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกแบบชุดคลัสเตอร์ (Accentuated eccentric loading cluster sets) โดยในแต่ละช่วงฝึกทั้งหมด 3 ชุด ชุดละ 5 ครั้ง ของการฝึกในแต่ละครั้ง โดยมีความหนักอยู่ที่ช่วงเอกเซ็นตริก 105% หนึ่งอาร์เอ็ม และช่วงคอนเซ็นตริก 80% หนึ่งอาร์เอ็ม

ผลการวิจัยปรากฏว่า อัตราการเกิดแรงในช่วงเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริกมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น การรักษาการผลิตพลังของกล้ามเนื้อ และขนาดของกล้ามเนื้อในทุกๆช่วงของความหนักมีการปรับปรุงที่ดีขึ้น รวมไปถึงประสิทธิภาพการทำงานของมัสเซิล สปินเดิล มีการทำงานได้ดีมากยิ่งขึ้น การยึดติดของสะพานเชื่อม (Cross-bridges) ที่ไหลผ่านแคลเซียมที่ดีมากขึ้น

Godard และคณะ (Godard et al., 1998) ทดสอบสมมติฐานที่ว่าการออกกำลังกายช่วงคอนเซ็นตริกพร้อมกับเน้นความหนักเอกเซ็นตริก จะทำให้ความแข็งแรงการหดตัวแบบคอนเซ็นเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงคอนเซ็นตริกและช่วงเอกเซ็นตริก (ไม่ได้เน้นความหนัก) ก่อนและหลังการฝึกได้ทำการหาความแข็งแรงช่วงของคอนเซ็นตริกสูงสุดหนึ่งครั้ง (หนึ่งอาร์เอ็ม) ของการยืดเข่าซ้ายใช้เพื่อวัดความแข็งแรงในชายและหญิงที่ไม่ได้รับการฝึกฝน 28 คน การใช้แรงต้านสำหรับช่วงคอนเซ็นตริกและเอกเซ็นตริก คือ แรงบิดภายนอกคงที่เริ่มแรกที่ช่วงคอนเซ็นตริก 80% ของหนึ่งอาร์เอ็ม สำหรับในกลุ่มที่ฝึกช่วงคอนเซ็นตริก และช่วงเอกเซ็นตริก การใช้แรงต้านช่วงเอกเซ็นตริกของกลุ่มช่วงคอนเซ็นตริก และการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ใช้แรงต้านมากกว่าอีกกลุ่มโดยเพิ่มน้ำหนักที่ช่วงเอกเซ็นตริกอีก 40% ทั้งสองกลุ่มได้รับการฝึกทั้งหมด 8-12 ชุด (ช่วงเอกเซ็นตริก 3 วินาที และช่วงคอนเซ็นตริก 3 วินาที) เพื่อลดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อทำการฝึกสองครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์

ผลการวิจัยปรากฏว่า แรงบิดในการยืดกล้ามเนื้อบริเวณหัวเข่าทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับผลลัพธ์แนะนำว่าไม่มีการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญเพิ่มเติมของแรงบิดสูงสุดช่วงคอนเซ็นตริกจากการฝึกด้วยการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝนมาก่อนการไม่ทดสอบแรงบิดสูงสุดและข้อมูลที่สำคัญที่อาจเกิดขึ้นได้ จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าองค์ประกอบช่วงเอกเซ็นตริกที่ใหญ่กว่านี้จะช่วยเพิ่มแรงบิดช่วงคอนเซ็นตริกสูงสุดหรือแรงบิดช่วงเอกเซ็นตริกในผู้เข้าร่วมที่ผ่านการฝึก ซึ่งอาจมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทดสอบช่วงเอกเซ็นตริกสูงสุด แม้ว่าการกระทำของช่วงหดตัวแบบเอกเซ็นตริกนั้นแสดงให้เห็นว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับความแข็งแรงและการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อสูงสุดในผู้ชายและผู้หญิง แต่ผลลัพธ์แนะนำว่าไม่มีประโยชน์ใดๆในการฝึกที่มีความแบบใช้แรงต้านเพิ่มขึ้น 40% ของ 1 RM ในบุคลลที่ไม่เคยได้รับการฝึก ต้องฝึกสัปดาห์ละสองครั้งของการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูง 100% ของ 1RM โดยใช้แรงต้านแบบเดียวกันสำหรับการกระทำของการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริกนั้นแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงช่วงคอนเซ็นตริกและเส้นรอบวงต้นขา

Brandenburg และ Docherty (Brandenburg and Docherty, 2002) ศึกษาเปรียบเทียบการฝึกแบบใช้แรงต้านภายนอกแบบเคลื่อนที่ (Dynamic constant external resistance) และการฝึกใช้แรงต้านแบบเน้นความหนักภายนอกแบบเคลื่อนที่ (Dynamic accentuated external resistance) แบบไดนามิก หรือเปรียบเทียบความแข็งแรงแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในการกระทำการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก และการปรับตัวทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายที่ผ่านการฝึกแบบใช้แรงต้าน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ทำการฝึกท่าเบนเพลสเป็นเวลา 9 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างในการฝึกแบบใช้แรงต้านภายนอกแบบเคลื่อนที่ ทำการฝึกทั้งหมด 4 ชุด 10 ครั้ง โดยมีความหนักสูงสุดที่ 75% ของหนึ่งอาร์เอ็ม กลุ่มตัวอย่างในการฝึกใช้แรงต้านแบบเน้นความ

หนักภายนอกแบบเคลื่อนที่ ทำการฝึกทั้งหมด 3 ชุด 10 ครั้ง โดยมีความหนักสูงสุดที่ 75% ของหนึ่งอาร์เอ็ม และช่วงเอกเซ็นตริกที่ 120% ของหนึ่งอาร์เอ็ม

ผลการวิจัยปรากฏว่า ความแข็งแรงในการยกได้สูงสุด พบว่าในบริเวณพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อและการตึงตัวของกล้ามเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ทั้งสองกลุ่มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหนึ่งอาร์เอ็ม ในช่วงของคอนเซ็นตริกและความตึงที่เฉพาะเจาะจงของทั้งข้อศอกช่วงที่งอและเหยียดออกแต่เมื่อเทียบกับการฝึกใช้แรงต้านเคลื่อนที่ภายนอกแบบทั่วไป และการฝึกใช้แรงต้านเคลื่อนที่ภายนอกแบบเน้นความหนักทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมากในหนึ่งอาร์เอ็ม ของตัวเหยียดข้อศอก สิ่งเหล่านี้แนะนำว่าการฝึกใช้แรงต้านเคลื่อนที่ภายนอกแบบเน้นความหนักอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกใช้แรงต้านเคลื่อนที่ภายนอกแบบทั่วไปในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามสำหรับกลุ่มตัวอย่างยังไม่มีรูปแบบการฝึกใดที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ดีที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท

Yarrow และคณะ (Yarrow et al., 2007) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งหมด ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ไบโอวายราเบิล ฮอร์โมนการเจริญเติบโต แลคเตท และการประเมินความเหนื่อยล้าในการตอบสนองระหว่างการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบดั้งเดิม และการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกที่เพิ่มขึ้นของปริมาณการฝึกที่ตรงกันในเพศชายที่ไม่ได้รับการฝึกมาก่อนหน้านี้ยี่สิบสองคน ทำการฝึกความแข็งแรงของ 1RM ในท่าเบนเพลสและท่าสควอท โปรแกรมการฝึกแบบใช้แรงต้านของกลุ่มตัวอย่างแบบดั้งเดิม (6 ครั้ง 4 เซต ที่ 52.5% หนึ่งอาร์เอ็ม) และโปรแกรมการฝึกของกลุ่มตัวอย่างการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก คือการนำเอาโปรแกรมการฝึกแบบดั้งเดิมรวมเข้าไปกับการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก (6 ครั้ง 3 เซต ที่ช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกที่ 40% หนึ่งอาร์เอ็ม และช่วงการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่ 100% หนึ่งอาร์เอ็ม)

ผลการวิจัยปรากฏว่า สำหรับการฝึกในท่าสควอทและเบนเพลส ตัวอย่างเลือดที่ได้รับที่เหลือทันทีหลังจากเวลาที่ 15, 30, 45 และ 60 นาที หลังการออกกำลังกายได้รับการประเมินสำหรับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งหมด ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ไบโอวายราเบิล ฮอร์โมนการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด การพักและหลังการฝึกแบบใช้แรงต้านพบว่าฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนทั้งหมด ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ไบโอวายราเบิล ฮอร์โมนการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนไม่ได้เพิ่มระดับในระหว่างการฝึกหรือในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งในขณะที่ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน ไบโอวายราเบิล เพิ่มขึ้น 15-16% ในทั้งสองกลุ่มในระหว่างการฝึกของทั้งสองกลุ่มความเข้มข้นของฮอร์โมนเจริญเติบโต หลังจากตรวจดูพบว่าสูงขึ้นจากระดับพื้นฐานที่ 500-700% หลังจากฝึกในรูปแบบการฝึกทั้งสองรูปแบบ การสะสมแลคเตทภายหลังการฝึกแบบใช้แรงต้าน และการประเมินความเหนื่อยล้านั้นการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกดีกว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบดั้งเดิม สรุปว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบดั้งเดิมและการฝึกแบบใช้แรงต้านช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกแสดงว่านิวโรเอ็นโดคริน (Neuroendocrine) มีความคล้ายกันและตอบสนองการเผาผลาญอาหารที่แตกต่างกันในช่วงแรกของการฝึกแบบใช้แรงต้านในผู้ชายที่ไม่ได้รับการฝึก

Ojasto และ Hakkine (Ojasto and Hakkine, 2009) ได้ศึกษาผลกระทบของการเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกที่แตกต่างกันในช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกและคอนเซ็นตริกที่มีผลต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ แรงสูงสุด และการตอบสนองต่อพลังงาน โดยใช้รูปแบบการฝึกในท่าเบนเพลสในกลุ่มทดลองผู้ชายที่มีความแข็งแรง จำนวน 11 คน รูปแบบดังกล่าวได้เปรียบเทียบน้ำหนักที่ต่างกันในช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริก คือ ความหนักที่ 100% 105% 110% และ 120% ของหนึ่งอาร์เอ็ม โดยดูแรงที่กระตุ้นพลังงานและคลื่นไฟฟ้า (EMG) ในกล้ามเนื้อหลักบริเวณหัวไหล่ (Deltoid) , กล้าเนื้อที่บริเวณหน้าอก (Pectoralis Major) , กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps brachii) และกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Bicep brachii) ในทุกช่วงความแข็งแรงสูงสุดที่ (105/100%, 110/100% และ 120/100%) ของหนึ่งอาร์เอ็ม

ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองของการฝึกหดตัวแบบคอนเซ็นตริกไม่ส่งผลต่อใดๆต่อความแข็งแรงสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ แสดงให้เห็นว่าความหนักที่แตกต่างกันที่ใช่ท่าเบนเพลส ไม่ได้ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตสูงสุดในช่วงการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก แต่กำลังการผลิตที่มีการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกเป็นศูนย์กลางระหว่างการระเบิดด้วยความหนักที่เหมาะสมมากกว่ากลุ่มควบคุม การค้นพบเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าในระหว่างการดำเนินการระเบิดในพลังการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกนั้นมีขนาดใหญ่กว่ามากในสภาวะความหนักที่ 77.3 3.2 / 50% ที่ผลิตพลังงานสูงสุดสำหรับแต่ละบุคคลเมื่อเทียบกับพลังงานที่ผลิตในสภาวะการควบคุมแบบดั้งเดิม 50/50% ดังนั้นข้อมูลปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าความหนักที่เหมาะสมสำหรับช่วงของการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก ของเงื่อนไขการระเบิดความหนักแบบเน้นการเคลื่อนไหวโดยใช้แรงต้านภายนอก สำหรับการผลิตพลังงานการหดตัวแบบคอนเซ็นตริกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระดับความแข็งแรงและพลังงานสูงสุด คุณสมบัติด้านระบบประสาทและกล้ามเนื้อส่วนบุคคลรวมถึงการฝึกที่เฉพาะเจาะจงอาจส่งผลให้ขนาดของความหนักเหมาะสม

Jamie และคณะ (Jamie et al., 2018) ศึกษาผลของการฝึกเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกที่มีผลต่อคุณสมบัติของกล้ามเนื้อความแข็งแรง กำลัง ความเร็ว ในการเล่นรักบี้ที่ได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้าน วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อตรวจสอบผลของการฝึกอบรมแบบการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก เปรียบเทียบกับการฝึกด้วยน้ำหนักแบบทั่วไป (Traditional resistance training) โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬารักบี้ที่ผ่านการฝึก จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ขั้นตอนการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ ในช่วง 4 สัปดาห์แรกเน้นจังหวะในการยกที่ช้า (3 วินาที) และในช่วงสัปดาห์ที่สองเน้นจังหวะอย่างรวดเร็ว (1 วินาที) ผลการวิจัย หลังจากการฝึกแต่ละขั้นตอนการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ช้าจะมีการปรับปรุงที่เหนือกว่าในการยกท่าสควอทหนึ่งอาร์เอ็ม, เวลาในการวิ่ง 40 ม. และความเร็วในการวิ่งสูงสุด การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่รวดเร็วมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง แต่ความเร็วในการวิ่งลดลง มีความเป็นไปได้สูงขึ้นที่จะมีการใช้พลังงานสูงสุดในการฝึกแบบดั่งเดิมที่รวดเร็ว แต่เมื่อเทียบกับการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่รวดเร็วพบว่ามุมเพนชั่นของกล้ามเนื้อวาสตัส เลทเทอลาริสมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สรุปว่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ช้านั้นดีกว่าการฝึกแบบดั้งเดิม ในการปรับปรุงความแข็งแรงและความเร็วในการวิ่งสูงสุดในนักกีฬารักบี้ในโปรแกรมการเตรียมการพร้อมกันในระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในการยกที่

รวดเร็วของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกอย่างรวดเร็วอาจเกินขีดความสามารถในการกู้คืนได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกแบบทั่วไปที่รวดเร็ว

Beidgeman และคณะ (Bridgeman et al., 2016) ได้ศึกษาผลกระทบของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าออกกำลังกายการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ และการตอบสนองต่อโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น เป้าหมายของการศึกษาครั้งนี้คือ 1. เพื่อตรวจสอบผลกระทบเฉียบพลันของการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ที่แตกต่างกันในรูปแบบของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริก 2. เพื่อตรวจสอบผลกระทบรูปแบบของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าดร็อปจั้มพ์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่ผ่านการฝึกความแข็งแรง 12 คน เริ่มแรกประสิทธิภาพการทำงานพื้นฐานของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ นั้นได้รับการยอมรับและระบุความสูงของการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ที่เหมาะสมที่สุดในสัปดาห์ต่อๆมาผู้เข้าร่วมจะทำการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ 5 คนโดยไม่มีความหนักเพิ่มเติมหรือการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ 10%, 20% หรือ 30% ของมวลกาย (Body mass) โดยใช้ดัมเบลล์เพื่อเพิ่มความหนักพิเศษ หลังจากรูปแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ , หลังจากการทำการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ 3 ครั้ง แล้วพัก 2 , 6 และ 12 นาที ความสูงของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากทำการพักที่ 2 และ 6 นาทีเมื่อเทียบกับ 12 นาที ($p < 0.001$ และ p 0.05 ตามลำดับ) พลังในการกระโดดที่มากกว่านั้นพบในช่วงที่น้อยกว่าในการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ หลังจากที่มีเงื่อนไขการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความหนัก 20% เทียบกับเส้นฐาน , มวลกาย และการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่ความหนัก 10%

ผลการวิจัยปรากฏว่า ในกลุ่มคนที่ทำการกระโดดแบบดร็อปจั้มพ์ 5 คนที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีความหนัก 20% ตามด้วยระยะเวลาการฟื้นตัว 2 นาทีส่งผลให้ความสูงของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ และความเร็วในการกระโดดสูงสุดเพิ่มขึ้น

Jonathan และคณะ (Jonathan et al., (2016) ได้ศึกษาผลของโพสแอคทิเวติ้งของการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ โพสแอคทิเวชั่น โพเทนมิเอชั่น หลังจากการออกกำลังกายที่มีความเข้มสูงในระยะเวลาสั้นๆได้สร้างทั้งความเหนื่อยล้าและภาวะโพสแอคทิเวติ้ง มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของรูปแบบโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ที่หลากหลาย แต่ประเภทของการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อแบบไดนามิกก็เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าค่าการเน้นความเอกเซ็นตริกมีค่าที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่ตามมาได้หรือไม่ ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ชาย 11 คน ได้ทำการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ 3 ครั้ง และหลังจากนั้น 6 นาที ทำเน้นความหนักเอกเซ็นตริกรูปแบบ โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ในท่าแบ็คสควอท ทำการทดสอบความสูงการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ สูงสุดของผู้เข้าร่วมวิจัย การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางได้ดำเนินการเพื่อประเมินผลกระทบของสภาพโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น และประสิทธิภาพการกระโดดในแนวดิ่ง

ผลการวิจัยปรากฏว่า พบว่าปฏิสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญของสภาวะ X เวลา หลังการทดสอบแบบเฉพาะพบว่าการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น มีผลอย่างมากกับความสูงของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ในขณะที่โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ในท่า

แบค สควอทนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p 0.32) โดยสรุปการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการกระโดดต่อเนื่องสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยการกระทำของกล้ามเนื้อหดตัวแบบเอกเซ็นตริกเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ในท่าแบค สควอทแบบดั้งเดิมอาจเป็นวิธีที่ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เหมาะสำหรับโค้ชเพื่อเพิ่มความเคลื่อนไหวในระยะสั้นในกลุ่มนักกีฬาส่วนใหญ่

Aboodarba และคณะ (Aboodarba et al., 2013) ศึกษาผลของแรงยืดหยุ่นเพิ่มเติมต่อลักษณะจลน์และจลนศาสตร์ รวมถึงขนาดของความอ่อนล้าในขาระหว่างการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นผู้ชายที่ผ่านการฝึกจำนวน 15 คน ทำการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ 3 ประเภทได้แก่ 1. กระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ แบบไม่มีน้ำหนัก (Free weight counter-movement jump) 2. เน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่ความหนัก 20% BM 3. เน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่ความหนัก 30% BM แพลตฟอร์มวัดแรงที่ซิงโครไนซ์กับกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง 6 ตัวถูกนำมาใช้เพื่อวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นดินในแนวดิ่งและการกระจัด

ผลการวิจัยปรากฏว่า การใช้แรงดึงลงในช่วงการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ และที่จุดเริ่มต้นของช่วงการหดตัวแบบคอนเซ็นตริก เพิ่มแรงปฏิกิริยาจากพื้นดินในแนวดิ่งช่วงหดตัวแบบคอนเซ็นตริกสูงสุด (6.34%) กำลังการผลิต (23.21%) แรงกระตุ้นสุทธิ (16.65%) และความสูงของกระโดด (9.52%) ในเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่ความหนัก 30% BM เมื่อเทียบกับกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ แบบไม่มีน้ำหนัก (all $P < .05$) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในขนาดของความอ่อนล้าของขาระหว่างการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ทั้ง 3 รูปแบบ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้แรงหดตัวต่ำลงของวัสดุยืดหยุ่นระหว่างช่วงการหดตัวแบบเอกเซ็นตริกของการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ เป็นวิธีที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดโดยใช้การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มากขึ้นในส่วนประกอบการยืดหยุ่นควบคู่กับพลังงานยืดหยุ่นที่เก็บไว้ สรุปว่าความสำคัญของการค้นพบนี้เกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้า แรงกระตุ้นสุทธิ ความเร็วในการวิ่ง และความสูงของการกระโดด ที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการประสบความสำเร็จด้านนักกีฬา และวิธีการฝึกใดๆปรับปรุงแรงการกระตุ้นและการผลิตพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการกระโดดของกีฬา

Hilliard และ Robertson (Hilliard and Robertson, 2003) ทำการทดลองเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและดูมวลของกล้ามเนื้อ จะคำนึงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก แบบคอนเซ็นตริก และแบบไอโซเมตริก โดยแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไข ดังนี้ 1. ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา 2. ทำการฝึกเอกเซ็นตริกควบคู่ไปกับการฝึกแบบคอนเซ็นตริก ในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา

ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ทำการฝึกแบบเอกเซ็นตริกควบคู่ไปกับการฝึกแบบคอนเซ็นตริกในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและมวลกล้ามเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกแบบคอนเซ็นตริกในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุม 90 องศา แล้วยืนตัวขึ้นมาในท่าตรง

Jeremy (Jeremy, 2008) ศึกษาผลการฝึกซ้อมของการใช้การกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ เน้นความหนักเอกเซ็นตริกในลักษณะพลังของร่างกายส่วนล่างในผู้เล่นวอลเลย์บอลที่มีสมรรถนะสูง โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวอลเลย์บอล ทั้งหมด 16 คน ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ได้ทำการฝึกเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ก่อนและหลังการศึกษาได้ทำการทดสอบการกระโดดข้ามด้วยแท่งน้ำหนักเบา (350 กรัม) ได้ถูกดำเนินการเพื่อกำหนดหาค่าจลน์และจลศาสตร์สำหรับร่างกายส่วนล่าง โดยผู้เล่นกลุ่มแรกทำการฝึกการกระโดดเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริก (Accentuated eccentric load counter-movement jump) และกลุ่มที่ 2 ทำการฝึกแรงต้านการกระโดดการเคลื่อนไหวปกติ (Body-mass counter-movement jump)

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ทำการฝึกการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีการเพิ่มขึ้นของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและค่าพลังงานที่สังเกตได้ดีกว่าของกลุ่มที่ทำการฝึกแรงต้านการกระโดดการเคลื่อนไหวปกติ ผลการศึกษานี้ระบุว่าการฝึกการกระโดดเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ ที่เน้นความหนักเอกเซ็นตริกให้ผลการกระโดดที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกแรงต้านการกระโดดแบบเคลื่อนไหวปกติสำหรับนักกีฬาวอลเลย์บอลที่กระโดดได้ในปริมาณมาก

Christopher และคณะ (Christopher et al., 2012) เปรียบเทียบผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบทั่วไป การฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกเชิงซ้อน 6 สัปดาห์ในการวัดความแข็งแรงและมานุษยวิทยา การฝึกเชิงซ้อน (การสลับระหว่างการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักที่หนักและเบา มีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่คล้ายกันภายในชุดของการออกกำลังกาย) เป็นรูปแบบของการฝึกที่อาศัยสถานะของโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่นหลังการใช้งาน การพัฒนาในระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักเบาวิธีการดังกล่าวอาจมีประสิทธิภาพมากกว่าทั้งสองวิธีอย่างเป็นอิสระสำหรับการพัฒนาความแข็งแกร่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบทั่วไป การฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกเชิงซ้อนต่อความแข็งแรงของร่างกายและมานุษยวิทยา ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศชายที่ผ่านการฝึกมาแล้ว 30 คน ได้รับการฝึกฝนโดยใช้ 1 ใน 3 วิธี ได้แก่ การฝึกแบบใช้แรงต้านแบบทั่วไป การฝึกพลัยโอเมตริก และการฝึกเชิงซ้อน ผู้เข้าร่วมการวิจัยถูกทดสอบก่อนและหลังการฝึก เพื่อประเมินความแข็งแรงของท่าแบค สควอท ความแข็งแรงของท่าโรมาเนียนเดดลิฟ ความแข็งแรงของท่ายืนเขย่งเท้า ความแข็งแรงของเส้นรอบวงในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ความแข็งแรงของเส้นรอบวงในกลุ่มกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง มวลร่างกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ไม่ได้ควบคุมอาหารในระหว่างการศึกษานี้

ผลการวิจัยปรากฏว่า ทางสถิติพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับความแข็งแรงของท่าสควอท ความแข็งแรงของท่าโรมาเนียนเดดลิฟและความแข็งแรงของท่ายืนเขย่ง สำหรับทุกกลุ่มก่อนและหลังการทดสอบโดยไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีผลกระทบหลักสำหรับเวลา รวมถึงการวัดเส้นรอบวงของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง และมวลกาย ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการฝึกเชิงซ้อนสะท้อนประโยชน์ที่ได้รับจากการฝึกแบบใช้แรงต้านแบบทั่วไป หรือการฝึกพลัยโอเมตริกยิ่งไปกว่านั้นการฝึกเชิงซ้อนยังไม่มีการลดลงของความแข็งแรงและค่าสัดส่วนร่างกายและดูเหมือนจะเป็นวิธีการฝึกที่ใช้งานได้จริง

Jose และคณะ (Jose et al., 2010) ได้ศึกษาผลระยะสั้นของการฝึกเชิงซ้อนและความต่างของการฝึกที่มีต่อการกระโดดในแนวดิ่ง (ในท่าสควอทและการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์)

เวลาการวิ่งในระยะ 5 และ 15 เมตร และความคล่องแคล่วว่องไว (การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวแบบ 505) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักฟุตบอลจำนวน 23 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 จำนวน 9 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 8 คน) กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่ 3 จำนวน 6 คน กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ได้ทำการซ้อมฟุตบอลตามปกติพร้อมกับฝึกโปรแกรมความแข็งแรงแบบการฝึกเชิงซ้อนและความต่างของการฝึก ทำการฝึก 1 ถึง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ฝึกทั้งหมดจำนวน 6 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มที่ 3 ได้รับการเก็บรักษาไว้ในโปรแกรมการฝึกฟุตบอลตามปกติ ชุดของการฝึกเชิงซ้อนจะแบ่งออกเป็น 3 ฐานหลักๆคือ 1.การฝึกแบบทั่วไป 2. การฝึกหลายรูปแบบ 3.การฝึกแบบเฉพาะเจาะจง โดยจะเพิ่มความหนักทีละ 5% ของหนึ่งอาร์เอ็ม ในแต่ละ 2 สัปดาห์

ผลการวิจัยปรากฏว่า เวลาการวิ่งลดลงในระยะ 5 และ 15 เมตร (9.2 และ 6.2% สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 7.0 และ 3.1% สำหรับกลุ่มที่ 2) และการกระโดดในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นในท่าสควอทและการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (12.6% สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 9.6% สำหรับกลุ่มที่ 2) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการฝึกเชิงซ้อนและความต่างบองการฝึกทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในการวิ่ง 5 และ 15 เมตร และการกระโดดในแนวดิ่งหลังจากทำการฝึกโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนและความต่างของการฝึกแต่ไม่ได้รับอิทธิพลจากจำนวนชุดของการฝึกเชิงซ้อนและความต่างของการฝึกต่อสัปดาห์ (1 ถึง 2 ครั้งต่อสัปดาห์) จากผลลัพธ์ที่ได้แนะนำว่าการฝึกเชิงซ้อนและความต่างของการฝึกเป็นการฝึกที่เพียงพอในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อและความเร็วของนักฟุตบอล

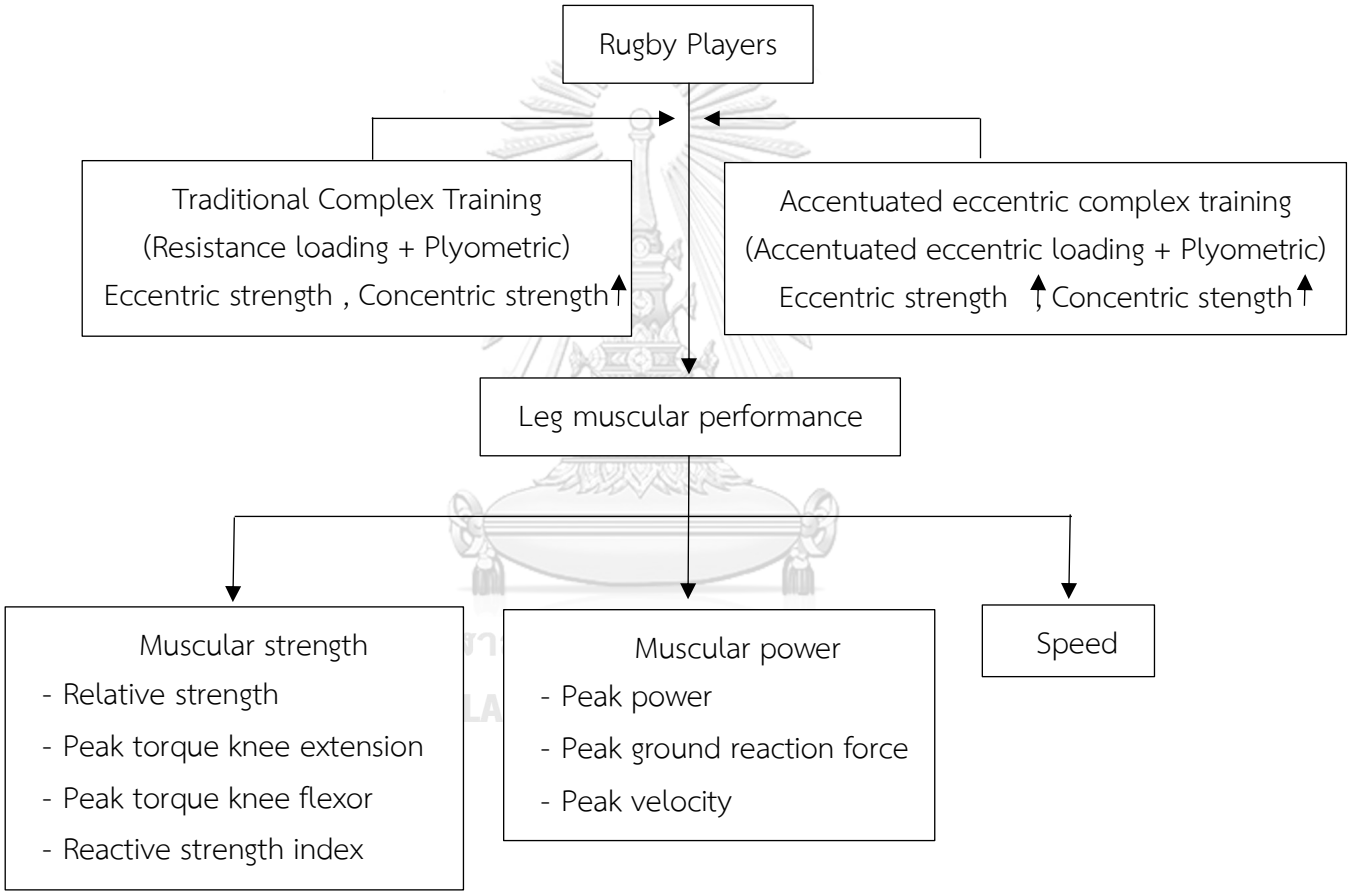
Christian (Christian, 2013) การฝึกเอกเซ็นตริกรวมกับการออกกำลังกายแบบโอเวอร์สปีด (Overspeed) สามารถช่วยเพิ่มพลังและความเร็วในการวิ่งให้กับนักกีฬา การฝึกมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงส่วนประกอบของพลังกล้ามเนื้อ การฝึกแบบเอกเซ็นตริกทำให้เกิดการดัดแปลงการฝึกเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับแรงกล้ามเนื้อในขณะที่การกระตุ้นเกินกำหนดเป้าหมายความเร็วขององค์ประกอบการแสดงออกของพลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกอบรมแบบดั้งเดิมกับการฝึกแบบเอกเซ็นตริกรวมกับโอเวอร์สปีด โดยมีนักกีฬาที่เข้าร่วมทำวิจัยทั้งหมด 20 ทีม ทำการฝึกซ้อม 4 ช่วง โดยแบ่งออกเป็น 3 สัปดาห์อย่างต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ 1. การฝึกใช้แรงต้านแบบดั้งเดิม 2. การฝึกใช้แรงต้านเฉพาะเอกเซ็นตริก 3. การฝึกใช้แรงต้านแบบดั้งเดิมรวมกับการฝึกโอเวอร์สปีด 4. การฝึกเอกเซ็นตริกร่วมกับการออกกำลังกายแบบโอเวอร์สปีด

ผลการวิจัยปรากฏว่า ในการฝึกทั้งหมด 12 สัปดาห์ การฝึกแบบเอกเซ็นตริกนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการปรับปรุงการวัดความแข็งแรงของร่างกายส่วนบนและส่วนล่างเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกแบบทั่วไป แม้ว่าการฝึกแบบเอกเซ็นตริกเพียงอย่างเดียวไม่ได้การปรับปรุงระยะเวลาในการวิ่ง 40 เมตร แต่การเปลี่ยนการกระโดดเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ และการวิ่งในแนวตรงด้วยการกระโดดช่วยและการวิ่งลดลงในการฝึกช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้เป็นความเร็วในการวิ่งสูงสุด การปรับปรุงเหล่านี้พบได้ในนักกีฬาชายที่ผ่านการฝึกมาอย่างดีและมีแนวโน้มที่จะช่วยเหลือนักกีฬาที่ต้องการพลังระเบิด อันที่จริงแล้วนักกีฬาจะได้รับประโยชน์จากการฝึกแบบรายบุคคลตามการประเมินก่อนหน้าของข้อจำกัดในองค์ประกอบเฉพาะของการผลิตพลังงาน เห็นได้ชัดว่าในบล็อกการฝึกระยะสั้นที่มีเป้าหมายในการฝึกหลายรูปแบบซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาในช่วงของกีฬาการฝึกอบรมที่ผิดปกติพร้อมองค์ประกอบโอเวอร์สปีดสามารถใช้งานโดยโค้ชและผู้ฝึกสอนเพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของร่างกายส่วนล่าง พลังงาน และความเร็วในการวิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้ นักกีฬารักบี้ฟุตบอล (Rugby players) เป็นกีฬาที่ต้องใช้ตวามแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อในการเล่น (Power game) เป็นส่วนใหญ่ ทำการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริก (Accentuated eccentric loading + Plyometric) และทำการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (Resistance loading + Plyometric) ซึ่งมีกลไกโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น (Postactivation Potentiation หรือ PAP) ส่งผลให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกีฬาที่ดีในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กรอบแนวคิดผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักกีฬารักบี้ฟุตบอล ชมรมรักบี้ฟุตบอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-25 ปี จำนวน 40 คน

กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี จากการเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล เท่ากับ 1.16 ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอำนาจการทดสอบ .08 ด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.2 (ภาคผนวก ก.) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 13 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มในการวิจัย จึงปรับเพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 2 คน ดังนั้นจะได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน แต่หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยเหลือหายไปกลุ่มละ 1 คน เกิดจากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สะดวกเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อ ทำให้เหลือกลุ่มละ 14 คน ทั้งหมด 28 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มแบบจับคู่ (Matched pair) จากการทดสอบหาค่าหนึ่งอาร์เอ็ม โดย

กลุ่มที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

กลุ่มที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. ต้องเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-25 ปี เพศชาย ที่ผ่านการแข่งขันรายการชิงแชมป์แห่งประเทศไทยในระดับอุดมศึกษาและแข่งขันรายการกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย

2. มีความแข็งแรงพื้นฐานในระดับที่สามารถแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศาแล้วเหยียดขาขึ้นมาอยู่ในท่ายืนตรงได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว โดยวัดจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจากการทดสอบหาค่า หนึ่งอาร์เอ็ม

3. ไม่มีอาการกล้ามเนื้อฉีกขาดบริเวณหลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า และต้องไม่มีโรคประจำตัว (โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต หอบหืด) โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะต้องตอบข้อมูลในแบบสอบถามสุขภาพ ทุกข้อและต้องผ่านทุกข้อ (ภาคผนวก ญ.) จึงจะมีสิทธิ์เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

5. นักกีฬารักบี้ฟุตบอลจะต้องไม่เข้าร่วมโครงการอื่นอยู่แล้วหรือไปฝึกกับโครงการอื่นในระยะเวลาเดียวกัน

6. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้ทำการวิจัยและผู้ช่วยในการวิจัย คัดเลือกจากข้อมูลในแบบสอบถามสุขภาพ ที่ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าร่วมการฝึกน้อยกว่า 10 ครั้ง จากทั้งหมด 12 ครั้ง (ฝึกอย่างน้อย 80% ของการฝึก) ในระยะเวลาการฝึก 6 สัปดาห์

3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ทราบว่าต้องปฏิบัติสิ่งใดบ้าง ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะรับทราบสิทธิ์ของตนเองจากการชี้แจงโดยตรงจากผู้วิจัย และหนังสือข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยเมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความสมัครใจในการเข้าร่วม จะต้องมีการลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องไม่ถูกบังคับหรือได้รับรางวัลพิเศษจากการเข้าร่วมการวิจัย ในระหว่างการทำการวิจัย หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สมัครใจที่จะเข้าร่วมต่อไป ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถออกจากการวิจัยได้ตามประสงค์โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลให้ผู้วิจัยทราบ ระหว่างการวิจัยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะพิทักษ์สวัสดิภาพทางร่างกายและจิตใจของผู้เข้าร่วมการวิจัยป้องกันความเสี่ยงต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้น ในกรณีที่เกิดการบาดเจ็บจากการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและนำส่งโรงพยาบาลต่อไป โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด นอกจากนี้ข้อมูลของผู้วิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับและจะถูกทำลายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยในครั้งนี้ ขณะทำการฝึกผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคนจะได้รับน้ำดื่มเกลือแร่ น้ำดื่มและอาหารว่าง และได้รับการชดเชยค่าใช้จ่ายในการเดินทางและค่าเสียเวลาด้วย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสร้างโปรงแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

2. นำโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความเรียบร้อยของโปรแกรมการฝึก

3. นำเสนอโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไข เพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ซึ่งค่าที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 (Cox and Vargus, 1996) โดยผู้วิจัยได้ทำการหาค่า IOC เท่ากับ 0.96 (ภาคผนวก ฎ.)

4. นำเสนอโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายเพื่อพิจารณาผ่านคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

5. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจาก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกำหนดวัน เวลาในการเก็บข้อมูล ขออนุญาติใช้สถานที่และอุปกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. จัดเตรียมสถานที่ในการฝึกอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึก การทดสอบ และใบบันทึกผลเพื่อนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (ภาคผนวก ฌ.)

7. ก่อนวันเข้ารับการทดสอบ ผู้วิจัยชี้แจงและทำหนังสืออธิบาย วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยรวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการวิจัยต่อกลุ่มตัวอย่างและผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย เมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย และกลุ่มตัวอย่างต้องผ่านแบบสอบถามทุกข้อ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับนักกีฬาว่าไม่ให้ออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง ก่อนวันที่จะมาทำการทดสอบ รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง ต้องนอนหลับให้เต็มอิ่มที่ก่อนที่จะมีการฝึกในการทดสอบและการฝึกนักกีฬาจะมีการบอกให้ออกแรงให้มากที่สุดและผู้วิจัยรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลความผิดปกติหรืออาการบาดเจ็บอันเนื่องจากการเข้าร่วมงานวิจัย ในวันที่ทำการทดสอบก่อนการทดลองโดยทดสอบและเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา เช่น น้ำหนัก และส่วนสูง ด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (Body composition analyzer) และทดสอบหาค่าความแข็งแรงสูงสุดในท่าฮาล์ฟ สควอท (ภาคผนวก ฉ.) เพื่อหากลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เมื่อผ่านเกณฑ์คัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นทำการแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มแบบจับคู่ และมีการชี้แจงขั้นตอนทดสอบอย่างละเอียดกับกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงการปฏิบัติก่อนวันเข้ารับการทดสอบดังนี้

7.1 นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อยวันละ 8-10 ชั่วโมง การพักผ่อนให้เพียงพอ จะช่วยคลายความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเพื่อพร้อมทำในการฝึก

7.2 ระมัดระวังการกินอาหารที่แตกต่างจากอาหารปกติที่เคยกินเป็นประจำ

7.3 ดื่มน้ำให้เพียงพออย่างน้อย 6-8 แก้ว

8. ก่อนผู้วิจัยจะเข้าสู่กระบวนการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนการทดลองและเมื่อฝึกครบ 6 สัปดาห์ ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มทำการทดสอบหลังการทดลองโดยการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งก่อนจะเริ่มการทดสอบในแต่ละครั้ง ได้มีการอธิบายขั้นตอนในการทดสอบอย่างชัดเจน รวมไปถึงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกซ้อม ก่อนเริ่มทำการปฏิบัติในการทดสอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและไม่เกิดความสับสนของทุกการทดสอบ เพราะแต่ละการทดสอบจะปฏิบัติไม่เหมือนกัน โดยจะแบ่งการทดสอบทั้งหมดเป็น 2 วัน เพื่อไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหนื่อยล้ามากเกินไป และป้องกันการบาดเจ็บ ดังนี้

8.1 การทดสอบวันที่ 1

8.1.1 การทดสอบพลังสูงสุด

8.1.2 การทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง

8.1.3 การทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร

8.2 การทดสอบวันที่ 2

8.2.1 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

8.2.1.1 ความแข็งแรงสัมพัทธ์

8.2.1.2 แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า

8.2.1.3 แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเตรียมตัวก่อนวันที่ทำการฝึก ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับนักกีฬาว่าไม่ให้ออกกำลังกายอย่างหนัก 24 ชั่วโมง ก่อนวันที่จะมาทำการฝึก รวมไปถึงการไม่รับประทานอาหารมาก่อน 2 ชั่วโมง ต้องนอนหลับให้เต็มอิ่มที่ก่อนที่จะมีการฝึกและการฝึกนักกีฬาจะมีการบอกให้ออกแรงให้มากที่สุด

9. ทำการฝึกเชิงซ้อนทั้ง 2 กลุ่ม ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ซึ่งรูปแบบการฝึกเชิงซ้อน 2 รูปแบบ ได้แก่

กลุ่มการทดลองที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก คือ การฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 105/90% หนึ่งอาร์เอ็ม) จำนวน 4 ครั้ง (จังหวะย่อลงจนเข่าทำมุม 90 องศา ใช้เวลา 2-3 วินาที หลังจากนั้นออกแรงเหยียดขาขึ้นอย่างรวดเร็ว) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก ด้วยท่าเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (Counter-movement jump) จำนวน 12 ครั้ง (ภาคผนวก ค.) โดยฝึกวันจันทร์ และวันพุธ ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำการฝึกวันและเวลาเดิมของทุกสัปดาห์ของการฝึก

กลุ่มการทดลองที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป การฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 90/90% หนึ่งอาร์เอ็ม) จำนวน 4 ครั้ง (จังหวะย่อลงจนเข่าทำมุม 90 องศา ใช้เวลา 2-3 วินาที หลังจากนั้นออกแรงเหยียดขาขึ้นอย่างรวดเร็ว) พัก 30 วินาที แล้วตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยท่าเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (Counter-movement jump) จำนวน 12 ครั้ง (ภาคผนวก ง.) โดยฝึกในวันอังคาร และวันพฤหัสบดี ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องทำการฝึกวันและเวลาเดิมของทุกสัปดาห์ของการฝึก

ในการฝึกแต่ละครั้งจะต้องห่างกันอย่างน้อย 2 วัน (48 ชั่วโมง) เพื่อให้นักกีฬาได้ฟื้นตัวอย่างเต็มที่เป็นผลให้ไม่มีการเกิดผลสะสมต่อเนื่องจากการฝึกที่ให้ก่อนหน้า (Carry over effect) และจะทำการฝึกในศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเวลา 16:00-18:00 น. ของรูปแบบการฝึกทั้งสองกลุ่ม

10. นำผลการทดสอบที่ได้คือ ความแข็งแรงของสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

11. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการฝึก

1. เครื่องออกกำลังกายแบบแรงต้านสมิธแมชชีน (Smith machine) พร้อมน้ำหนักยี่ห้อ CYBEX รุ่น 5341-305 B ประเทศอังกฤษ ใช้ในการฝึกท่าแบค สควอท

2. อุปกรณ์เสริมน้ำหนักเวทรีลีสเซอร์ (Weight releaser) ใช้ในการเพิ่มน้ำหนักในช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก หรือช่วงย่อลงในท่าสควอท ที่มุมเข่า 90 องศา (ภาคผนวก ช.)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. เครื่อง Isokinetic ยี่ห้อ CON-TREX รุ่น MJ ประเทศเยอรมัน ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขณะออกแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่าและงอเข่า

2. เครื่องตรวจรับแรงกระแทก (Force plate) ยี่ห้อ Bertec พร้อมโปรแกรม Bertec digital acquire 4 เวอร์ชั่น 4.0.11 ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ในการทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ด้วยวิธีดร็อปจั้มพ์ และสเต็ปบ็อกค์ที่ปรับความสูงไว้ที่ 40 เซนติเมตร

3. อุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate รุ่น SW200 ประเทศออสเตรเลีย ใช้ในการทดสอบเวลาความเร็วระยะ 40 เมตร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1.1 ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ห้องปฏิบัติทางชีวกลศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2563

3. ผู้วิจัยและผู้ช่วยในการวิจัย

ผู้วิจัย และผู้ช่วยในการวิจัย จำนวน 2 คน เป็นนิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้นปีที่ 2 สาขาการเสริมสร้างสมรรถภาพทางการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ผ่านการอบรมวิธีการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงของสัมพันธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร และหลักปฏิบัติและข้อควรระวังในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผู้เข้าร่วมต้องปฏิบัติ ได้แก่ การฝึกปฏิบัติในท่าแบค สควอท ด้วยเครื่องสมิธ แมชชีน การฝึกโปรแกรมการทดลอง การทดสอบก่อนฝึกและหลังการฝึก การเก็บข้อมูล ตลอดจนการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยในการวิจัยจะทำการทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึกรวมถึงดูแลความปลอดภัยให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยและอำนวยความสะดวกในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าสถิติดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

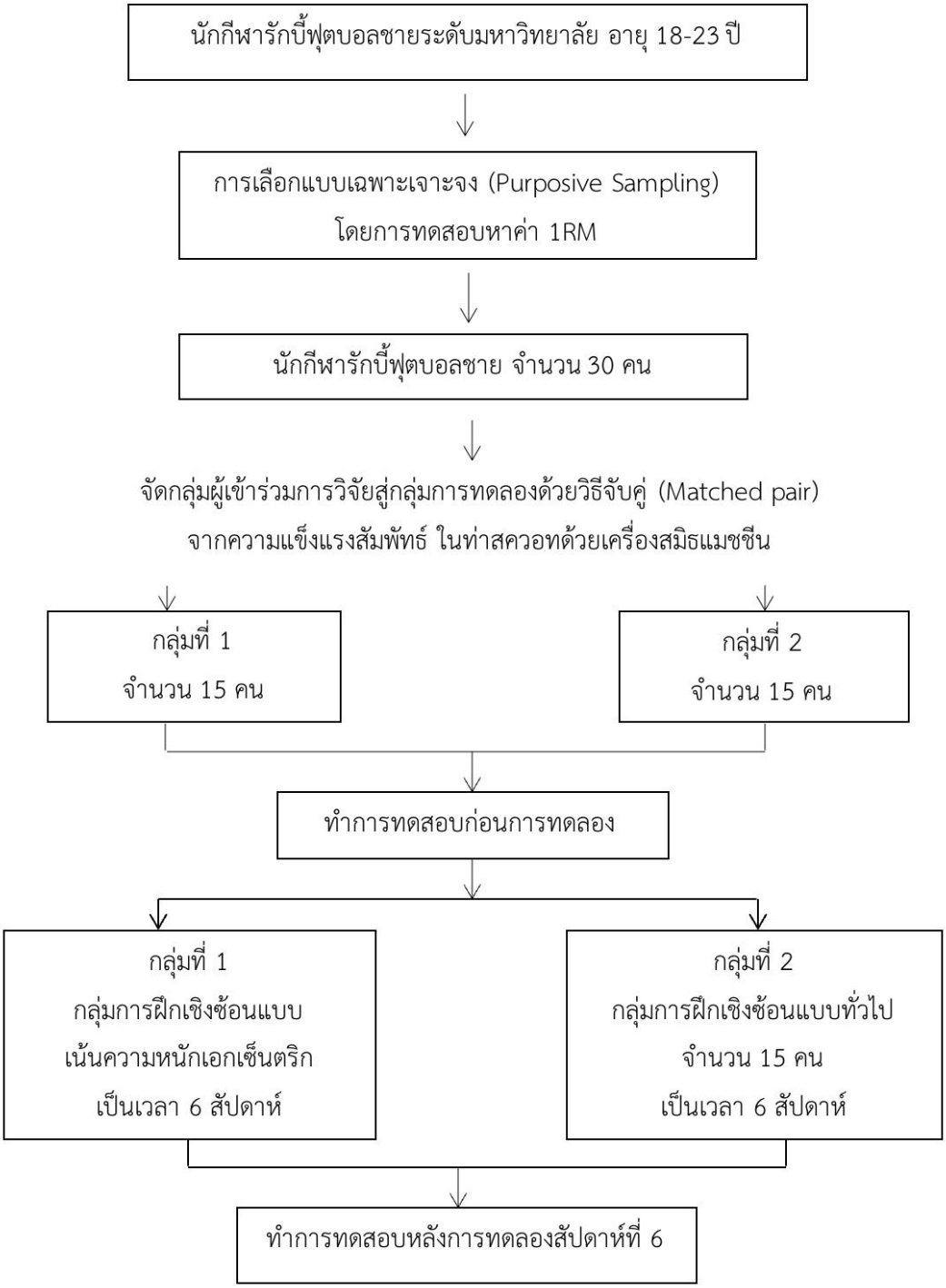
2. วิเคราะห์ผลของการทดลองในสมรรถภาพกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงของสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่ม ก่อนและหลังการทดลองโดยใช้สถิติ Paired t-test

3. วิเคราะห์ผลของการทดลองความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยค่าที่อิสระใน ความแข็งแรงของสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ Independent sample t-test

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิจัย



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิจัยผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย โดยเก็บข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS แล้วนำผลการวิเคราะห์มานำเสนอในรูปของตารางข้อมูลประกอบความเรียง ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างการทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตอนที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างการทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df = n-1	P-value	Statistic	df	P-value
ความแข็งสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (ก่อนการทดลอง)	0.161	14	0.200	0.959	14	0.712
ความแข็งสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (หลังการทดลอง)	0.100	14	0.200	0.958	14	0.687
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (ก่อนการทดลอง)	0.173	14	0.200	0.884	14	0.066
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (หลังการทดลอง)	0.141	14	0.200	0.928	14	0.287
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (ก่อนการทดลอง)	0.128	14	0.200	0.930	14	0.301
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (หลังการทดลอง)	0.206	14	0.109	0.880	14	0.059
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (ก่อนการทดลอง)	0.184	14	0.200	0.905	14	0.133
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (หลังการทดลอง)	0.196	14	0.149	0.941	14	0.428
พลังสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.129	14	0.200	0.947	14	0.513
พลังสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.199	14	0.137	0.896	14	0.097
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.107	14	0.200	0.981	14	0.980
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.152	14	0.200	0.953	14	0.607
ความเร็วสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.116	14	0.200	0.973	14	0.913
ความเร็วสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.125	14	0.200	0.947	14	0.510
ความเร็วในระยะ 40 เมตร (ก่อนการทดลอง)	0.149	14	0.200	0.876	14	0.051
ความเร็วในระยะ 40 เมตร (หลังการทดลอง)	0.115	14	0.200	0.969	14	0.860

$p > 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 7 พบว่าการวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติ ก่อนการทดลองและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ Paired t-test

ในการเปรียบเทียบการวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติ ก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ Independent sample t-test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df = n-1	P-value	Statistic	df	P-value
ความแข็งสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (ก่อนการทดลอง)	0.122	14	0.200	0.939	14	0.406
ความแข็งสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (หลังการทดลอง)	0.147	14	0.200	0.971	14	0.893
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (ก่อนการทดลอง)	0.173	14	0.200	0.919	14	0.211
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (หลังการทดลอง)	0.191	14	0.178	0.881	14	0.060
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (ก่อนการทดลอง)	0.186	14	0.200	0.906	14	0.137
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (หลังการทดลอง)	0.207	14	0.106	0.904	14	0.129
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (ก่อนการทดลอง)	0.128	14	0.200	0.957	14	0.676
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (หลังการทดลอง)	0.162	14	0.200	0.961	14	0.747
พลังสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.153	14	0.200	0.919	14	0.213
พลังสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.220	14	0.065	0.918	14	0.204
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.154	14	0.200	0.933	14	0.339
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.119	14	0.200	0.968	14	0.844
ความเร็วสูงสุด (ก่อนการทดลอง)	0.155	14	0.200	0.948	14	0.527
ความเร็วสูงสุด (หลังการทดลอง)	0.119	14	0.200	0.957	14	0.669
ความเร็วในระยะ 40 เมตร (ก่อนการทดลอง)	0.185	14	0.200	0.828	14	0.110
ความเร็วในระยะ 40 เมตร (หลังการทดลอง)	0.137	14	0.200	0.962	14	0.762

$p > 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 8 พบว่าการวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกติ ก่อนการทดลองและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ Paired t-test

ในการเปรียบเทียบการวิเคราะห์การทดสอบการกระจายข้อมูลตัวแปรแบบโค้งปกต ก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ Independent sample t-test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
อายุ (ปี)	19.28	1.20	19.28	1.20	0	1.00	1.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	82.92	18.32	83.64	17.01	0.86	-1.12	0.27
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.07	7.15	177.07	7.15	0	1.00	1.00

$p > 0.05$

จากตารางที่ 9 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.28 ± 1.20 ปี น้ำหนักเท่ากับ 82.92 ± 18.32 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 177.07 ± 7.15 เซนติเมตร หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.28 ± 1.20 ปี น้ำหนักเท่ากับ 83.64 ± 17.01 กิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 0.86%) ส่วนสูงเท่ากับ 177.07 ± 7.15 เซนติเมตร

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
อายุ (ปี)	19.78	1.36	19.78	1.36	0	1.00	1.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	80.21	19.92	83.00	19.21	3.47	-2.98	0.01*
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.57	5.40	173.57	5.40	0	1.00	1.00

*p < 0.5

จากตารางที่ 10 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.78 ± 1.36 ปี น้ำหนักเท่ากับ 80.21 ± 19.92 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 173.57 ± 5.40 เซนติเมตร หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.78 ± 1.36 ปี น้ำหนักเท่ากับ 83.00 ± 19.21 กิโลกรัม (เพิ่มขึ้น 3.47%) ส่วนสูงเท่ากับ 173.57 ± 5.40 เซนติเมตร

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอายุ และส่วนสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อายุ (ปี)	19.28	1.20	19.78	1.36	-1.02	0.31
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	82.92	18.32	80.21	19.92	0.37	0.71
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.07	7.15	173.57	5.40	1.46	0.15

$p > 0.05$

จากตารางที่ 11 พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.28 ± 1.20 ปี น้ำหนักเท่ากับ 82.92 ± 18.32 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 177.07 ± 7.15 เซนติเมตร กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.78 ± 1.36 ปี น้ำหนักเท่ากับ 80.21 ± 19.92 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 173.57 ± 5.40 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ก่อนการทดลอง พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
อายุ (ปี)	19.28	1.20	19.78	1.36	-1.02	0.31
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	83.64	18.19	83.00	19.27	0.37	0.92
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.07	7.15	173.57	5.40	1.46	0.15

$p > 0.05$

จากตารางที่ 12 พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.28 ± 1.20 น้ำหนักเท่ากับ 83.64 ± 18.19 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 177.07 ± 7.15 เซนติเมตร กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยอายุเท่ากับ 19.78 ± 1.36 ปี น้ำหนักเท่ากับ 83.00 ± 19.27 กิโลกรัม ส่วนสูงเท่ากับ 173.57 ± 5.40 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง หลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ไม่แตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (เท่าต่อน้ำหนักตัว)	1.64	0.20	2.16	0.28	31.70	-12.24	0.00*
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	160.35	60.69	214.07	40.37	33.50	-6.16	0.00*
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (นิวตันเมตร)	170.86	42.89	174.17	44.68	1.93	-0.71	0.48
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (นิวตันต่อวินาที)	0.72	0.19	0.79	0.11	9.72	0.02	0.14

*p < 0.05

จากตารางที่ 13 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 1.64 ± 0.20 เท่าต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 160.35 ± 60.69 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 170.86 ± 42.89 นิวตันเมตร ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.72 ± 0.19 นิวตันต่อวินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 2.16 ± 0.28 เท่าต่อน้ำหนักตัว (เพิ่มขึ้น 31.70%) แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่ามีค่าเฉลี่ย 214.07 ± 40.37 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 33.50%) แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 174.17 ± 44.68 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 1.93) ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ตอบสนอง 0.79 ± 0.11 นิวตันต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 9.72%)

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่าแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า และดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง อย่างมีนัยสำคัญมางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
พลังสูงสุด (วัตต์)	3363.28	317.01	3572.31	325.30	6.21	-2.35	0.03*
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1931.20	373.40	1948.97	158.96	0.92	-0.19	0.84
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	1.74	0.28	1.90	0.26	9.19	0.05	0.13
ความเร็วระยะ 40 เมตร (วินาที)	5.88	0.49	5.53	0.34	-5.95	3.99	0.00*

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 14 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ย พลังสูงสุด 3363.28 ± 317.01 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1931.20 ± 373.40 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.74 ± 0.28 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 6.83 ± 0.49 วินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า พลังสูงสุด มีค่าเฉลี่ย 3572.31 ± 325.30 วัตต์ (เพิ่มขึ้น 6.21%) แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1948.97 ± 158.96 นิวตัน (เพิ่มขึ้น 0.92%) ความเร็วสูงสุด 1.90 ± 0.26 เมตรต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 9.19%) ความเร็วระยะ 40 เมตร 7.25 ± 0.45 วินาที (เพิ่มขึ้น 6.14%)

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร เพิ่มขึ้น แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญมางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (เท่าต่อน้ำหนักตัว)	1.63	0.21	2.07	0.39	27	-5.87	0.00*
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	151.35	61.48	174.05	57.20	15	-2.26	0.04*
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (นิวตันเมตร)	158.18	41.47	158.43	36.76	0.15	-0.03	0.97
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (นิวตันต่อวินาที)	0.74	0.27	0.83	0.14	12.16	-1.55	0.14

*p < 0.05

จากตารางที่ 15 พบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงสัมพัทธ์ 1.63 ± 0.21 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 151.35 ± 61.48 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 158.18 ± 41.47 นิวตันเมตร ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.74 ± 0.27 นิวตันต่อวินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 2.07 ± 0.39 เท่าต่อน้ำหนักตัว (เพิ่มขึ้น 27%) แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่ามีค่าเฉลี่ย 174.05 ± 57.20 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 15%) แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 158.43 ± 36.76 นิวตันเมตร (เพิ่มขึ้น 0.15%) ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.83 ± 0.14 นิวตันต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 12.16%) ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า และดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง อย่างมีนัยสำคัญมางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์

(n=14)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% change	t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
พลังสูงสุด (วัตต์)	3200.25	322.50	3520.18	296.72	9.99	-2.49	0.02*
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1790.55	351.48	1935.80	188.91	8.11	-1.60	0.13
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	1.82	0.30	1.88	0.39	3.29	-0.59	0.56
ความเร็วระยะ 40 เมตร (วินาที)	5.87	0.47	5.52	0.37	-5.96	6.22	0.00*

*p < 0.05

จากตารางที่ 16 พบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปมีค่าเฉลี่ย พลังสูงสุด 3200.25 ± 322.50 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1790.55 ± 351.48 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.82 ± 0.30 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 6.85 ± 0.50 วินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า พลังสูงสุด มีค่าเฉลี่ย 3520.18 ± 296.72 วัตต์ (เพิ่มขึ้น 9.99%) แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 3520.18 ± 296.72 นิวตัน (เพิ่มขึ้น 8.11%) ความเร็วสูงสุด 1.88 ± 0.39 เมตรต่อวินาที (เพิ่มขึ้น 3.29%) ความเร็วระยะ 40 เมตร 7.27 ± 0.43 วินาที (เพิ่มขึ้น 6.13%)

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร แตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญมางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (เท่าต่อน้ำหนักตัว)	1.64	0.20	1.63	0.21	0.10	0.91
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	160.35	60.69	151.35	61.48	0.38	0.70
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (นิวตันเมตร)	170.86	42.89	158.18	41.47	0.79	0.70
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (นิวตันต่อวินาที)	0.72	0.19	0.74	0.27	-0.27	0.78

$p > 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 17 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 1.64 ± 0.20 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 160.35 ± 60.69 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 170.86 ± 42.89 นิวตันเมตร ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.72 ± 0.19 นิวตันต่อวินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 1.63 ± 0.21 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 151.35 ± 61.48 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 158.18 ± 41.47 นิวตันเมตร ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.74 ± 0.27 นิวตันต่อวินาที

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า และดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ก่อนการทดลอง

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังสูงสุด (วัตต์)	3363.28	317.01	3200.25	322.50	1.34	0.18
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1931.20	373.40	1790.55	351.48	1.06	0.31
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	1.74	0.28	1.82	0.30	-0.64	0.52
ความเร็วระยะ 40 เมตร (วินาที)	5.88	0.49	5.87	0.47	0.08	0.93

$p > 0.05$

จากตารางที่ 18 พบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ย พลังสูงสุด 3363.28 ± 317.01 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1931.20 ± 373.40 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.74 ± 0.28 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 6.83 ± 0.49 วินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด 3200.25 ± 322.50 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1790.55 ± 351.48 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.82 ± 0.30 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 6.85 ± 0.50 วินาที

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกและกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท (เท่าต่อน้ำหนักตัว)	2.29	0.18	2.02	0.30	0.10	0.00*
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า (นิวตันเมตร)	214.07	40.37	174.05	57.20	2.12	0.04*
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า (นิวตันเมตร)	174.17	44.68	158.43	36.76	1.03	0.32
ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (นิวตันต่อวินาที)	0.79	0.11	0.83	0.14	-0.70	0.49

*p < 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 19 พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 2.29 ± 0.18 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 214.07 ± 40.37 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 174.17 ± 44.68 นิวตันเมตร ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.79 ± 0.11 นิวตันต่อวินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 2.02 ± 0.30 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 174.05 ± 57.20 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า 158.43 ± 36.76 นิวตันเมตรดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง 0.83 ± 0.14 นิวตันต่อวินาที

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แตกต่างกับกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่พบความแตกต่างของแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า และดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

ตัวแปร	การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก (n=14)		การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (n=14)		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
พลังสูงสุด (วัตต์)	3572.31	325.30	3520.18	296.72	0.44	0.66
แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด (นิวตัน)	1948.97	158.96	1935.80	188.91	0.19	0.84
ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)	1.90	0.26	1.88	0.39	0.17	0.86
ความเร็วระยะ 40 เมตร (วินาที)	5.53	0.34	5.52	0.37	0.07	0.94

$p > 0.05$

จากตารางที่ 20 พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีค่าเฉลี่ย พลังสูงสุด 3572.31 ± 325.30 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1948.97 ± 158.96 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.90 ± 0.26 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 7.25 ± 0.45 วินาที กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่า มีค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด 3520.18 ± 296.72 วัตต์ แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด 1935.80 ± 188.91 นิวตัน ความเร็วสูงสุด 1.88 ± 0.39 เมตรต่อวินาที ความเร็วระยะ 40 เมตร 7.27 ± 0.43 วินาที

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลังจากการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย ซึ่งได้แก่ ความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร โดยกลุ่มตัวอย่างเป็น นักกีฬารักบี้ฟุตบอลชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุ 18-25 ปี จำนวน 30 คน จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องผ่านการแข่งขันรายการชิงแชมป์แห่งประเทศไทยในระดับอุดมศึกษาและแข่งขันรายการกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอทไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว มีสุขภาพดี ไม่มีอาการบาดเจ็บรบกวนและสามารถทำการฝึกซ้อมได้อย่างปกติ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มแบบจับคู่ (Matched pair) ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ โดย กลุ่มที่ 1 ฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก 15 คน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป 15 คน แต่หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยเหลือหายไปกลุ่มละ 1 คน เกิดจากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สะดวกเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อ ทำให้เหลือกลุ่มละ 14 คน ทั้งหมด 28 คน โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 105/90% หนึ่งอาร์เอ็ม) จำนวน 4 ครั้ง และกลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท (กำหนดความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/และช่วงของคอนเซ็นตริก : 90/90%) หนึ่งอาร์เอ็ม จำนวน 4 ครั้ง โดยทั้งสองกลุ่มทำสลับกับการฝึกพลัยโอเมตริก (ท่าเคาน์เตอร์มูฟเม้นจั้มพ์) โดยมีการพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก และการฝึกพลัยโอเมตริก 30 วินาที (เซตต่อเซต) จำนวน 4 ชุด โดยมีการพักระหว่างเซต 3 นาที ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 โดยทดสอบแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที (Independent t-test) จากนั้นก้เปรียบเทียบภายในกลุ่มด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า

1. ก่อนการทดลอง พบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ย อายุ ส่วนสูง และน้ำหนัก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีค่าเฉลี่ย อายุ ส่วนสูง และน้ำหนัก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป พบว่ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่อายุ และส่วนสูง ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า พลังสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด และความเร็วสูงสุด ไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า พลังสูงสุด ความเร็วระยะ 40 เมตร แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด และความเร็วสูงสุด ไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. ก่อนการทดลอง ทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงสัมพัทธ์ แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า แตกต่างจากกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง พลังสูงสุด แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งสูงสุด ความเร็วสูงสุด และความเร็วระยะ 40 เมตร ระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อภิปรายผลการวิจัย

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

การฝึกเชิงซ้อน เป็นรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริก โดยใช้ท่าที่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกัน ซึ่งการฝึกเชิงซ้อนเป็นการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยอาศัยคุณสมบัติของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ซึ่งทำให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการหดตัวครั้งก่อนหน้า โดยวัตถุประสงค์หลักของการฝึกเชิงซ้อนเพื่อที่จะพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อและยังคงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไว้ได้ แต่จากผลการวิจัยพบว่า นอกจากจะช่วยให้กล้ามเนื้อมีพลังเพิ่มขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถเพิ่มความแข็งแรงสัมพัทธ์ในท่าแบค สควอท มากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (31.70% และ 27% ตามลำดับ) และยังสามารถพัฒนาแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า มากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (33.50% และ 15% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานของการวิจัยครั้งนี้ โดยการที่กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป อาจเป็นเพราะรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การฝึกด้วยน้ำหนักด้วยความหนักช่วงเอกเซ็นตริก 105% และคอนเซ็นตริก 90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม ซึ่งเป็นรูปแบบฝึกที่สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกให้เพิ่มมากขึ้น และยังสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้อีกด้วย ซึ่งจะแตกต่างกับการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปที่ ใช้การฝึกด้วยน้ำหนักด้วยความหนักช่วงเอกเซ็นติก 90% และคอนเซ็นตริก 90% ของหนึ่งอาร์เอ็ม เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกได้ ดังนั้นกลุ่มที่ฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจึงสามารถเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกได้ ส่งผลต่อการเพิ่มการระดมหน่วยยนต์ขนาดใหญ่ (Larger motor unit) ที่ควบคุมกล้ามเนื้อมัดใหญ่หรือกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วแบบสองบี (Type IIb) เพิ่มอัตราการยิงสัญญานประสาท (Firing rate) และเพิ่มการทำงานของรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch reflex) ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานดังกล่าว สามารถเชื่อมโยงไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก เมื่อการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกทำงานได้ดีขึ้น จะส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดในการออกแรงได้ สอดคล้องกับ Bobbert (Bobbert, 1996) ที่กล่าวว่า กลไกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะกระตุ้นสัญญาณประสาทนำเข้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มีการตอบสนองของศูนย์ควบเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถส่งสัญญานผ่านไปยังช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้ดีขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวและยืดหยุ่นได้มากขึ้น ส่งผลให้การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกทำงานได้ดีขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Aandahl และคณะ (Aandahl et al., 2014) พบว่า การเน้นความหนักช่วงเอกเซ็นตริกจะช่วยให้กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้าม มีสภาพในการเตรียมพร้อมกับการจับกันของแอกตินและไมโอซินในช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ทำให้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแรง กลไกนี้อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้ (Cuenca-Fernández et al., 2018 ; Cronin et al., 2001 ; Doan et al., 2002 ; Duthie et al., 2002)

และจากงานวิจัยของ Moore และคณะ (Moore et al., 2007) ; Duchateau และ Enko (Duchateau and Enko, 2016) และ Kay (Kay, 2000) ที่พบว่า การเน้นความหนักเอกเซ็นตริกจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนสัญญาณประสาทและเลือกหน่วยยนต์ที่มีขนาดใหญ่ ให้สามารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มการนำเข้าสัญญาณประสาทที่หลากหลายกว่า เมื่อเทียบกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบทั่วไปที่ฝึกพัฒนาแต่การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีแนวโน้มในการพัฒนาแรงบิดสูงสุดของการงอเข่าที่มากกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (1.93% และ 0.15% ตามลำดับ) แนวโน้มของการพัฒนาที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากการฝึกแบบเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกนี้ใช้ท่าฝึกแบค สควอท โดยมีกลุ่มกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายทำงาน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Quadriceps แต่รูปแบบการฝึกนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มการพัฒนาของกล้ามเนื้อ Hamstrings ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเซ็นตริก โดยใช้ท่าฝึกแบค สควอท เป็นรูปแบบการฝึกที่พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในช่วงเหยียดเข่า และมีการออกแรงในช่วงเหยียดเข่าที่มากกว่าการงอเข่า ที่มีการใช้กล้ามเนื้อ Hamstrings เป็นหลัก จึงอาจส่งผลทำให้การพัฒนาของกล้ามเนื้อ Hamstrings เกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่

ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง

การทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ที่อาศัยวงจรยืด-หดสั้น ในสร้างแรงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกที่มีประสิทธิภาพ หลังจากที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถบอกได้ถึงความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ จากผลการทดลอง พบว่า ภายในกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีค่าดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (9.72 และ 12.16% ตามลำดับ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ อาจเกิดจากรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนสามารถพัฒนาความสามารถของวงจรยืด-หดสั้นให้เกิดประสิทธิภาพ ที่เกิดจากการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ที่ทำให้แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้นมากกว่าแรงหดตัวครั้งก่อนหน้า โดยอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อีกทั้งผลการวิจัยพบว่า ทั้งสองกลุ่มการฝึกสามารถพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถเพิ่มแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่ามากขึ้น จึงส่งผลต่อการพัฒนาของดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (Haff and Nimphius, 2012) แต่จากการศึกษากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนทั่วไปมีแนวโน้มการพัฒนาดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรงมากกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริก อาจเป็นเพราะการฝึกด้วยน้ำหนักของการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกต่อเนื่องไปสู่การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกได้ดีกว่ารูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ที่มีจังหวะหยุดจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกต่อเนื่องไปสู่การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก จึงทำให้การพัฒนาของวงจรยืด-หดสั้น ทำได้ไม่ต่อเนื่องและเต็มที่ และการทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง โดยใช้ท่าดรอป จั้มพ์ (Drop jump) เป็นท่าทดสอบที่ใช้การทำงานวงจรยืด-หดสั้น ที่เกิดจากกล้ามเนื้อทำงานแบบเอกเซ็นตริกอย่าง

รวดเร็วต่อเนื่องกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ใช้เวลาอยู่บนพื้นได้สั้นที่สุด จึงส่งผลให้กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกพัฒนาได้น้อยกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป สอดคล้องกับ Kris และคณะ (Kris et al., 2012) พบว่า ดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ต้องมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาความแข็งแรงแบบเอกเซ็นตริกเพิ่มเติม และความเร็วในการยกเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงปฏิกิริยา นอกจากนั้นอาจเกิดจากการใช้น้ำหนักของการฝึกเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกที่น้อยไปจึงไม่สามารถกระตุ้นการพัฒนาของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายให้เกิดการพัฒนาได้สูงสุด

พลังกล้ามเนื้อขา

การฝึกเชิงซ้อนเป็นรูปแบบที่ช่วยเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ โดยมีการฝึกด้วยน้ำหนัก และตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริก จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป มีพลังของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ (6.21% และ 9.99% ตามลำดับ) ซึ่งพลังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม อาจมาจากรูปแบบการฝึกด้วยน้ำหนักที่ความหนักสูงสามารถเพิ่มการระดมหน่วยยนต์ เพิ่มการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดคุณสมบัติของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เรียกว่า โพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่น ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกแบบพลัยโอเมตริกทำให้งานได้ดีขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มวงจรการหดสั้น (Stretch-shortening cycle) ให้ทำงานได้ดีขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของรีเฟล็กซ์ยืด (Stretch reflex) ส่งผลต่อการเพิ่ม ความสามารถในการเร่งความเร็วของกล้ามเนื้อ (Acceleration ability) ทำให้การเนื้อสามารถหดตัวได้เร็วขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มพลังของกล้ามเนื้อ เนื่องจากพลังของกล้ามเนื้อต้องอาศัยความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Power = Strength X Speed) (O'Shea, 2000) ซึ่งรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนนี้สามารถเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกเพิ่มขึ้น 9.72% และกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปเพิ่มขึ้น 12.16%) อีกทั้งทั้งสองกลุ่มการฝึกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จึงส่งผลให้ทั้งสองกลุ่มมีค่าพลังของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาแนวโน้มการพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อจากการวิจัยพบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกมีแนวโน้มการพัฒนาความเร็วในการกระโดดได้ดีกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป (9.19% และ 3.29% ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากการเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกสามารถการกระตุ้นโพสแอคทิเวชั่น โพเทนทิเอชั่นดีกว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป ส่งผลทำให้การฝึกพลัยโอเมตริกมีประสิทธิภาพมากกว่า จึงช่วยให้กล้ามเนื้อหดตัวได้ดีกว่า และส่งผลต่อความเร็วในการกระโดดที่มากกว่ากลุ่มที่ฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

แต่จากผลการวิจัย ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะ ความหนักที่ใช้ในการฝึกเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริกไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกสูงสุด อีกทั้งอุปกรณ์ตัวเสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ ทำให้จังหวะในการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกทำได้ช้ากว่ากลุ่มการฝึกเชิงซ้อนทั่วไป เนื่องจากมีจังหวะหยุดที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกไปยังการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก เพราะต้องให้ตัวเสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์หลุดออกจากบาร์เบลล์ก่อน จึงจะเหยียดขาขึ้นเป็นการทำงานของ

กล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก ตรงจุดนี้อาจทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกต่อเนื่องไปยังการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก และอาจส่งผลให้การถ่ายโยงของแรงจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริกไปสู่การทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริกไม่ได้ประสิทธิภาพเต็มที่

ความเร็วระยะ 40 เมตร

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีความเร็วในการวิ่งเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.14% และ 6.13% ตามลำดับ) เป็นเพราะความเร็วในการวิ่ง เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความยาวในการก้าวและความถี่ในการก้าว (Speed = Stride length X Stride frequency) (Aki et .al., 2010) โดยความยาวในการก้าว ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Dintiman et al., 1997) ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (31.70% และ 27% ตามลำดับ) ส่วนความถี่ในการก้าว เกิดจากการทำงานของระบบประสาทของกลุ่มกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย โดยใช้คุณสมบัติในการหดตัวของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับค่าดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ที่เป็นความสามารถที่สำคัญในการออกแรงของกล้ามเนื้อ โดยอาศัยความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเอกเซ็นตริก และความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบคอนเซ็นตริก จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพในการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดได้ ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาความเร็วในการกระโดดเพิ่มขึ้น (9.19% และ 3.29% ตามลำดับ) อีกทั้งรูปแบบการฝึกเชิงซ้อนยังสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการฝึกที่หนักในช่วงที่ฝึกด้วยน้ำหนัก (Artur et al., 2016 ; Docherty and Hodgson, 2007) ด้วยเหตุผลนี้จึงอาจส่งผลให้ทั้งสองกลุ่มมีความเร็วในการวิ่งเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่จากการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นเพราะทั้งสองกลุ่มมีแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า พลังกล้ามเนื้อ และดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรงเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ความเร็วไม่แตกต่างกัน

รูปแบบการฝึกเชิงซ้อนนอกจากเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังของกล้ามเนื้อแล้วยังสามารถเพิ่มมวลของกล้ามเนื้อได้ เพราะทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนทั่วไป มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเกิดจากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ไม่ได้ควบคุมเรื่องอาหารของนักกีฬา แต่การเพิ่มน้ำหนักตัวนี้ก็ยังส่งผลดีต่อตัวนักกีฬา โดยที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น รวมถึงความเร็วลดลงจากก่อนการทดลอง แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นมวลของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (John et al., 2017)

ข้อจำกัดในการวิจัย

1. อุปกรณ์ตัวเสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ทำให้จังหวะในการฝึกของกลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกทำได้ช้า เนื่องจากจังหวะออกแรงเหยียดขึ้นอาจมีจังหวะหยุด เพราะต้องรอให้ตัวเสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์หลุดออกจากบาร์เบลล์ก่อน จึงจะเหยียดขาขึ้นได้

2. จากงานวิจัยในครั้งนี้ ที่ไม่ได้ควบคุมเรื่องอาหารของนักกีฬา ทำให้ทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อตัวแปรต่าง ๆ ในงานวิจัย ทำให้ผลของตัวแปรในงานวิจัยในครั้งนี้เกิดความคลาดเคลื่อน เพราะถ้าสามารถเน้นเรื่องคุมอาหารของนักกีฬาได้ อาจส่งผลให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในงานวิจัยในครั้งนี้ได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกควรใช้เป็นการออกกำลังกายแบบฟรีเวท (Free weight) แทนการใช้เครื่องออกกำลังกายแบบแรงต้านสมิธ แมชชีน เพราะสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างอิสระมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพของการฝึก

2. ควรกำหนดความหนักในการฝึกช่วงเอกเซ็นตริกที่มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น 110% 120% 130% และ 140% ของหนึ่งอาร์เอ็ม หรือทำการเปรียบเทียบความหนักในช่วงฝึกเอกเซ็นตริก เพราะอาจทำให้รู้ว่าควรใช้ความหนักที่เท่าไร ถึงจะมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. สามารถประยุกต์การฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ร่วมกับการเคลื่อนไหวในแนวอื่น เช่น การกระโดดในแนวนอน (Horizontal) หรือการเร่งความเร็ว เพราะ อาจช่วยเพิ่มสมรรถภาพในการเคลื่อนที่ได้เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกสามารถเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาได้ ผู้ฝึกสอนควรนำรูปแบบการฝึกไปใช้ในช่วงก่อนแข่งขัน (Pre-competition) จะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพราะสามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับชนิดกีฬาที่ต้องการใช้ทั้งพลังของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น รักบี้ฟุตบอล ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาไทย

กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558). ผลฉับพลันของการใช้ยางยืดที่มีแรงต้านต่างกัน.ต่อพลังสูงสุดของการกระโดดแนวดิ่งในนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชนหญิง. *วารสารวิทยาศตร์การกีฬาและสุขภาพ.* ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม).

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2549). *ผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีผลต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล.* กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถาวร กมุทศรี. (2560). *การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย Physical Fitness Conditioning.* พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก.มีเดีย เพรส: กรุงเทพฯ.

นนทนันต์ เผ่าภูรี และไพบูลย์ ศรีชัยสวัสดิ์. (2560). *ผลของการฝึกแบบเชิงซ้อนที่มีต่อความเร็วในการวิ่ง 50 เมตร.* มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะพลศึกษา สาขาการจัดการเรียนรู้พลศึกษา.

เบญจพล เบญจพลากร. (2544). *รักบี้ฟุตบอล : เอกสารประกอบการสอน.* พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุหัท ภู่ทอง และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558). *ผลฉับพลันของการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้จำนวนครั้งและเวลาพักแตกต่างกันที่มีต่อพลังสูงสุดแรงสูงสุดและความเร็วสูงสุดในการกระโดด*. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รณภพ ชาวปลายนา และทศพร ยิ้มลมัย. (2561). ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเอกเซนตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอล. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน).*

วิชัย อิงปัญจลาภ. (2538). *คู่มือการสอนรักบี้ฟุตบอล.* กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักพัฒนาการพลศึกษาสุขภาพและนันทนาการกรมพลศึกษา.

ศราวุฒิ คุณาธรรม และ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2549). *การศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเชิงซ้อนโดยใช้เวลาพักระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนักและการฝึกพลัยโอเมตริกแตกต่างกันที่มีต่อความแข็งแรงและพลัง กล้ามเนื้อขา.* กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2309-2318.

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.

Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *31*(2), 61-67.

Aandahl, H. S., Van den Tillaar, R., & Von Heimburg, E. (2015). Effect of post-activation potentiation on kinematics and kicking performance in a roundhouse kick with trained martial arts practitioners. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.

Aboodarda, S. J., Yusof, A., Osman, N. A., Thompson, M. W., & Mokhtar, A. H. (2013). Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(2), 181-187.

Alves, J. M. V. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(4), 936-941.

Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. (2017). The relationship between maximal strength and reactive strength. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(4), 548-553.

Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I., & Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(6), 1780-1785.

Biscombe, T., & Drewett, P. (2009). *Rugby: Steps to success.* Human kinetics.

Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Medicine And Science In Sports and Exercise*, *28*, 1402-1412.

Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Brown, L. E., Selima, E., Veligekas, P., Spengos, K., & Terzis, G. (2018). Muscle fiber and performance changes after fast eccentric complex training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *50*(4), 729-738.

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

Brandenburg, J. E., & Docherty, D. (2002). The effects of accentuated eccentric loading on strength, muscle hypertrophy, and neural adaptations in trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(1), 25-32.

Bridgeman, L. A., McGuigan, M. R., Gill, N. D., & Dulson, D. K. (2017). The effects of accentuated eccentric loading on the drop jump exercise and the subsequent postactivation potentiation response. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(6), 1620-1626.

Brown, S. R., Brughelli, M., Griffiths, P. C., & Cronin, J. B. (2014). Lower-extremity isokinetic strength profiling in professional rugby league and rugby union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(2), 358-361.

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.

Chaabene, H., Prieske, O., Negra, Y., & Granacher, U. (2018). Change of direction speed: Toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. *Sports Medicine*, *48*(8), 1773-1779.

Chatzinikolaou, A., Michaloglou, K., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, C. K., Vlachopoulos, D., ... & Fatouros, I. G. (2018). The trainability of adolescent soccer players to brief periodized complex training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(5), 645-655.

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

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.

Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2009). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(1), 177-186.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, *42*(8), 1566-1581.

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. (2001). Magnitude and decay of stretch-induced enhancement of power output. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(6), 575-581.

Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(2), 349-357.

Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Developing explosive power: a comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *4*(1), 59-70.

Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Teba, A., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020). Effects of 2 types of activation protocols based on postactivation potentiation on 50-m freestyle performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(11), 3284-3292.

Deutsch, M. U., Kearney, G. A., & Rehrer, N. J. (2007). Time–motion analysis of professional rugby union players during match-play. *Journal of Sports Sciences*, *25*(4), 461-472.

Doan, B. K., Newton, R. U., Marsit, J. L., Triplett-McBride, N. T., Koziris, L. P., Fry, A. C., & Kraemer, W. J. (2002). Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *16*(1), 9-13.

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.

Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *2*(4), 439-444.

Dorn, T. W., Schache, A. G., & Pandy, M. G. (2012). Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. *Journal of Experimental Biology*, 215(11), 1944-1956.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, *47*(4), 663-675.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2018). Effects of accentuated eccentric loading on muscle properties, strength, power, and speed in resistance-trained rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(10), 2750-2761.

Duchateau, J., & Enoka, R. M. (2016). Neural control of lengthening contractions. *Journal of Experimental Biology*, *219*(2), 197-204.

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.

Duthie, G., Pyne, D., & Hooper, S. (2005). Time motion analysis of 2001 and 2002 super 12 rugby. *Journal Of Sports Sciences*, *23*(5), 523-530.

Duthie, G. M., Pyne, D. B., Marsh, D. J., & Hooper, S. L. (2006). Sprint patterns in rugby union players during competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(1), 208.

Friedmann, B., Kinscherf, R., Vorwald, S., Müller, H., Kucera, K., Borisch, S., ... & Billeter, R. (2004). Muscular adaptations to computer‐guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiologica Scandinavica*, *182*(1), 77-88.

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

Gabbett, T. J. (2000). Physiological and anthropometric characteristics of amateur rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*, *34*(4), 303-307.

Güllich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New studies in athletics*, *11*, 67-84.

Godard, M. P., Wygand, J. W., Carpinelli, R. N., Catalano, S., & Otto, R. M. (1998). Effects of accentuated eccentric resistance training on concentric knee extensor strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*, 26-29.

Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*.

Healy, R., & Comyns, T. M. (2017). The application of postactivation potentiation methods to improve sprint speed. *Strength and Conditioning Journal*, *39*(1), 1-9.

Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength & Conditioning Journal*, *34*(6), 2-12.

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

Hilliard-Robertson, P. C., Schneider, S. M., Bishop, S. L., & Guilliams, M. E. (2003). Strength gains following different combined concentric and eccentric exercise regimens. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, *74*(4), 342-347.

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

HORTOBÁGYI, T., DEVITA, P., MONEY, J., & BARRIER, J. (2001). Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*(7), 1206-1212.

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.

Jarvis, S., Sullivan, L. O., Davies, B., Wiltshire, H., & Baker, J. S. (2009). Interrelationships between measured running intensities and agility performance in subelite rugby union players. *Research in Sports Medicine*, *17*(4), 217-230.

Wagle, J. P., Taber, C. B., Carroll, K. M., Cunanan, A. J., Sams, M. L., Wetmore, A., ... & Stone, M. H. (2018). Repetition-to-repetition differences using cluster and accentuated eccentric loading in the back squat. *Sports*, *6*(3), 59.

Hughes, J. D., Massiah, R. G., & Clarke, R. D. (2016). The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(12), 3450-3455.

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.

Kay, D., Gibson, A. S. C., Mitchell, M. J., Lambert, M. I., & Noakes, T. D. (2000). Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *10*(6), 425-431.

Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science In Sports*, *10*(4), 261-265.

Liu, Y., Dillon, A. R., Tillson, M., Makarewich, C., Nguyen, V., Dell'Italia, L., ... & Tsai, E. J. (2013). Volume overload induces differential spatiotemporal regulation of myocardial soluble guanylyl cyclase in eccentric hypertrophy and heart failure. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, *60*, 72-83.

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.

Chulalongkorn University

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

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.

Moore, C. A., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Fry, A. C., & Li, Y. (2007). Acute effects of augmented eccentric loading on jump squat performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 372.

Negra, Y., Chaabene, H., Stöggl, T., Hammami, M., Chelly, M. S., & Hachana, Y. (2020). Effectiveness and time-course adaptation of resistance training vs. plyometric training in prepubertal soccer players. *Journal of Sport and Health Science*, *9*(6), 620-627.

Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(3), 271-281.

O'Shea, P. (2000). *Quantum Strength Fitness II: Gaining the Winning Edge: Applied Strength Training & Conditioning for Peak Performance*. Patrick's Books.

Pääsuke, M., Ereline, J., & Gapeyeva, H. (1998). Twitch potentiation capacity of plantarflexor muscles in endurance and power athletes. *Biology of Sport*, *15*, 171-178.

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

Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *14*(4), 443-450.

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

Rassier, D. E., & Macintosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, *33*, 499-508.

Roe, G., Halkier, M., Beggs, C., Till, K., & Jones, B. (2016). The use of accelerometers to quantify collisions and running demands of rugby union match-play. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *16*(2), 590-601.

Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, *43*(8), 556-568.

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *30*(3), 138-143.

Salo, A. I., Bezodis, I. N., Batterham, A. M., & Kerwin, D. G. (2011). Elite sprinting: are athletes individually step-frequency or step-length reliant. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 43*(6), 1055-1062.

Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(3), 903-909.

Sheppard, J., Hobson, S., Barker, M., Taylor, K., Chapman, D., McGuigan, M., & Newton, R. (2008). The effect of training with accentuated eccentric load counter-movement jumps on strength and power characteristics of high-performance volleyball players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *3*(3), 355-363.

Sweeney, H. L., Bowman, B. F., & Stull, J. T. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *264*(5), C1085-C1095.

Szczesna, D., Zhao, J., Jones, M., Zhi, G., Stull, J., & Potter, J. D. (2002). Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca2+ sensitivity of skeletal muscle contraction. *Journal of Applied Physiology*, *92*(4), 1661-1670.

Ojasto, T., & Häkkinen, K. (2009). Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(3), 996-1004.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of strength training and conditioning*. Human kinetics.

Trimble, M. H., & Harp, S. S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *30*(6), 933-941.

Tubman, L. A., MacIntosh, B. R., & Maki, W. A. (1996). Myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in fatigued skeletal muscle. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, *431*(6), 882-887.

Twist, C., & Worsfold, P. (Eds.). (2014). *The Science of Rugby*. Routledge.

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

Wellman, A. D., Coad, S. C., Goulet, G. C., & McLellan, C. P. (2016). Quantification of competitive game demands of NCAA division I college football players using global positioning systems. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(1), 11-19.

Wagle, J. P., Taber, C. B., Carroll, K. M., Cunanan, A. J., Sams, M. L., Wetmore, A., ... & Stone, M. H. (2018). Repetition-to-repetition differences using cluster and accentuated eccentric loading in the back squat. *Sports*, *6*(3), 59.

Yarrow, J. F., Borsa, P. A., Borst, S. E., Sitren, H. S., Stevens, B. R., & White, L. J. (2007). Neuroendocrine responses to an acute bout of eccentric-enhanced resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(6), 941.

Yarrow, J. F., Borsa, P. A., Borst, S. E., Sitren, H. S., Stevens, B. R., & White, L. J. (2008). Early-phase neuroendocrine responses and strength adaptations following eccentric-enhanced resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(4), 1205-1214.

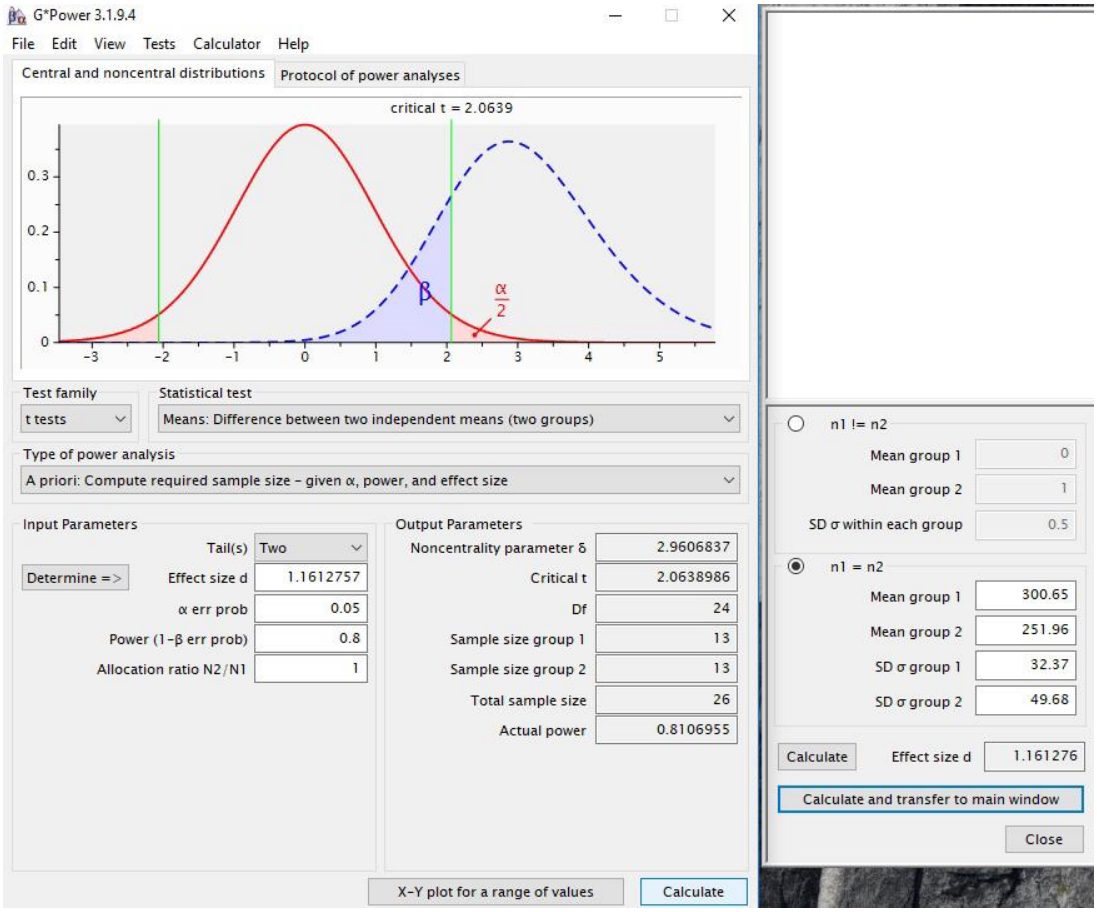
Young, W., Benton, D., & John Pryor, M. (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength & Conditioning Journal*, *23*(2), 7.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power)

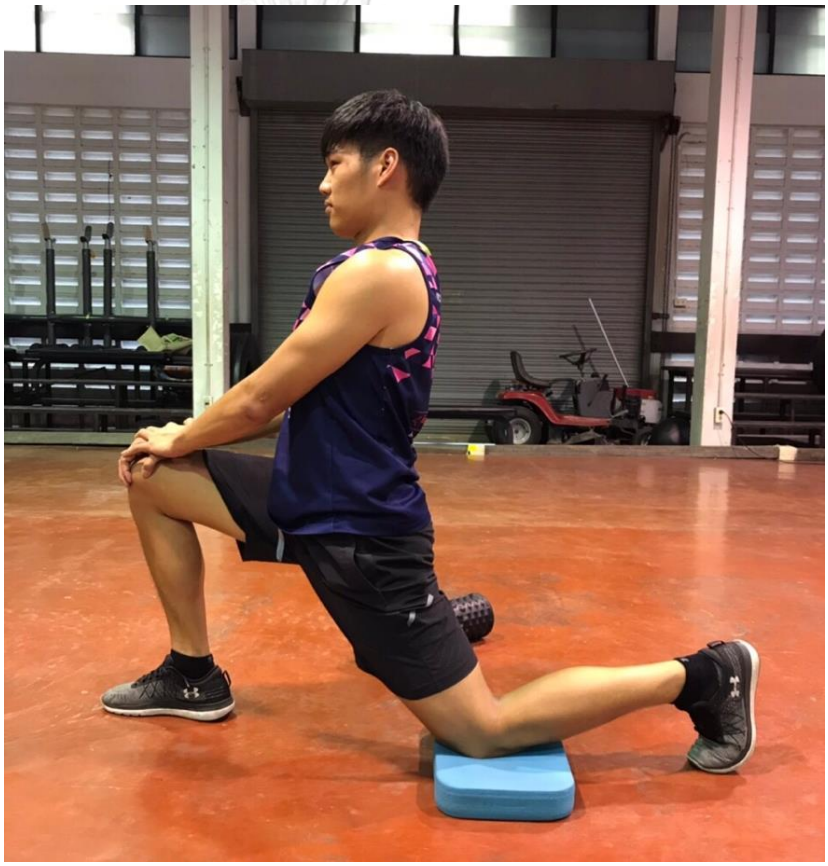
คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ของมูลความแข็งแรงแบบเอกเซ็นตริก ในงานวิจัยของ รณภพ ชาวปลายนา และทศพร ยิ้มลมัย (2561) โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล เท่ากับ 1.16 จากการกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอำนาจการทดสอบ .08 ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การคำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้จีพาวเวอร์

ภาคผนวก ข
การอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

1. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 20 วินาที ต่อการยืดในแต่ละครั้ง ดังนี้
    1.1 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้องอสะโพก (Iliopsoas) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยย่อตัวลง วางเข่าข้างที่จะยืดเหยียดลงบนพื้น และพื้นต้องไม่แข็งหรือเข่าวางอยู่บนวัสดุที่นุ่ม เช่น ผ้า หรือแผ่นโฟม เป็นต้น ส่วนขาอีกข้างหนึ่งวางไว้ด้านหน้าโดยเข่าชันทำมุมภายใน 120 องศา จากนั้นเคลื่อนลำตัวไปด้านหน้า โดยที่มุมภายในของเข่าลดลง ลำตัวต้องตั้งตรงและตามองไปข้างหน้าอยู่ตลอด ต้นขาด้านหลังจะถูกยืดโดยที่ให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ข้างละ 20 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนข้าง (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้องอสะโพก

1.2 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนอนหงายแล้วงอเข่าข้างที่จะยืดเหยียดขึ้นมา แล้วใช้มือทั้งสองข้างประสานกันที่ข้อพับแล้วดึงขึ้นพร้อมกับกดเข้าหาลำตัว พร้อมกับขาที่ยืดเหยียดต้องเตะขึ้นไปด้านบน ส่วนขาข้างที่ไม่ได้ยืดยังคงตั้งเข่ากับพื้น ยืดเหยียดให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ข้างละ 20 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนข้าง (รูปที่ 12)

รูปที่ 12 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteus Maximus) โดยที่ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนอนคว่ำไปกับพื้นแล้วยกเข่าข้างที่ต้องการยืดเหยียดมาไว้ข้างหน้าช่วงลำตัว โดยที่ขาที่ยืดเหยียดต้องทำมุมที่ 90 องศา จากนั้นให้กดลำตัวทับลงไปยังขาที่ยืดเหยียดอยู่ และมือทั้งสองข้างวางราบลงไปกับพื้น ส่วนขาอีกข้างที่ไม่ได้ยืดยังคงเหยียดตรงติดกับพื้น ยืดเหยียดให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ข้างละ 20 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนข้าง (รูปที่ 13)

รูปที่ 13 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำท่าเตรียมวิดพื้น (Push-up) โดยที่ขาข้างที่จะยืดเหยียดอยู่กับที่ แล้วเอาขาอีกข้างหนึ่งวางทับด้านหลังของขาที่จะยืดเหยียด จากนั้นให้โก่งสะโพกขึ้นแล้วทิ้งน้ำหนักลงที่ส้นเท้า (ส้นเท้าต้องติดพื้น) ยืดเหยียดให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ข้างละ 20 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนข้าง (รูปที่ 14)

รูปที่ 14 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังล่าง (Laissimus dorsi) โดยที่ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำท่าเตรียมวิดพื้น จากนั้นให้ทิ้งเข่าทั้งสองข้างลงกับพื้น และพื้นต้องไม่แข็งหรือเข่าวางอยู่บนวัสดุที่นุ่ม เช่น ผ้า หรือแผ่นโฟม เป็นต้น หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแอ่นหลังลง ให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ 2 วินาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยโก่งหลังขึ้น ให้รู้สึกว่าตึงอยู่ แต่ต้องไม่รู้สึกว่าเจ็บ ทำค้างไว้ 2 วินาที ทำสลับกับไปเรื่อยๆ จำนวนทั้งหมด 8 ครั้ง (รูปที่ 15 และรูปที่ 16)

รูปที่ 15 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อหลังล่าง (ขณะแอ่นหลัง)

รูปที่ 16 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียด บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อหลังล่าง (ขณะโก่งหลัง)

2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการวิ่งเหยาะเพื่ออบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 3 นาที

ภาคผนวก ค
การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

ตารางที่ 21 การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

ระยะเวลาในการฝึกโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป	สัปดาห์ที่ 1-6
แบค สควอท ด้วยความหนัก (ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก)	90/90 % หนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	4 ครั้ง
ระยะเวลาในการพักระหว่างท่า	30 วินาที
การฝึกพลัยโอเมตริก (กระโดด**เคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์**)	12 ครั้ง
ระยะเวลาพักระหว่างเซต	3 นาที
จำนวนชุด (เซต)	4 ชุด

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไปคือการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไป ใช้เครื่องสมิธแมชชีนในการสควอท เริ่มต้นโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองสควอทด้วยบาร์เบลที่ไม่ได้ใส่น้ำหนักเพื่อกำหนดจุดวางเท้าที่เหมาะสมป้องกันไม่ให้เข่ายื่นไปด้านหน้าเกินปลายเท้าขณะฝึก และกำหนดตำแหน่งกั้นของบาร์เบลเพื่อให้มุมของเข่าที่เหมาะสม ที่มุม 90 องศา โดยที่สะโพกในขณะย่อลงมาต้องสัมผัสกับเชือกที่ขึงไว้ถึงจะออกแรงกลับไปสู่ท่าเริ่มต้นได้และไม่ให้บาร์เบลลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ในขณะฝึกเพื่อป้องกันอันตราย

2. ดันบาร์เบลกลับไปล็อคไว้ ณ ตำแหน่งที่ต่ำกว่าบ่า (Upper fiber of trapezius) เล็กน้อย แล้วให้ผู้ช่วยใส่แผ่นน้ำหนัก ที่ความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริก/คอนเซ็นตริก 90/90% ของ หนึ่งอาร์เอ็ม ของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน

3. ให้มีผู้ช่วยข้างละ 1 คน ทำการยกบาร์เบลขึ้นประทับบริเวณบ่าของผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยที่ยังไม่ปล่อยน้ำหนักลง

4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อท้องและหลัง แล้วงอเข่าเล็กน้อย โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องให้สัญญาณเมื่อพร้อม

5. เมื่อผู้วิจัยเข้าร่วมการวิจัยพร้อมให้ผู้ช่วยค่อยๆปล่อยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับน้ำหนักด้วยตัวเองแล้วเริ่มปฏิบัติ

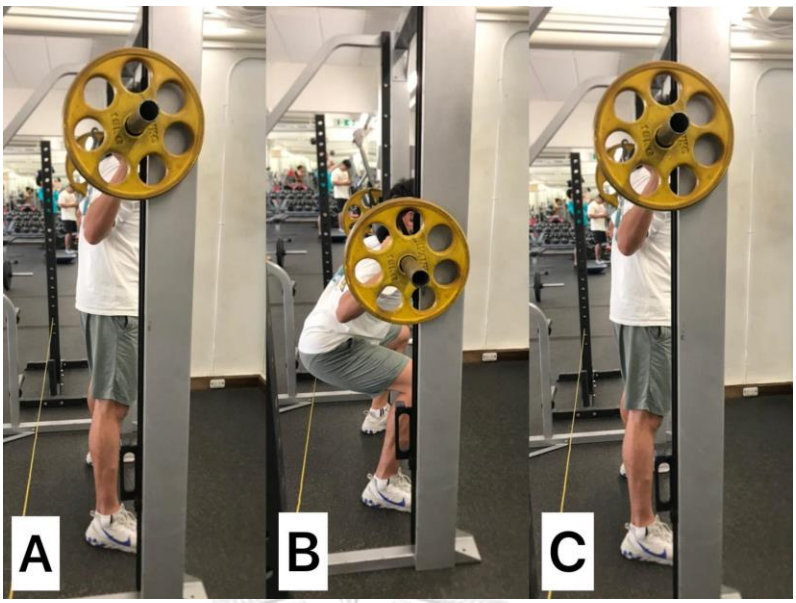
6. โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยย่อลงเมื่อสะโพกสัมผัสกับเชือกแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดันบาร์เบลขึ้นจึงนับว่าสิ้นสุดครั้งที่ 1 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติด้วยจนครบ 4 ครั้ง จึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกด้วยน้ำหนักในท่าแบค สควอท 1 ชุด ทั้งนี้จังหวะในการปฏิบัติผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องกระทำในจังหวะย่อลงจนเข่าทำมุม 90 องศา ใช้เวลา 2-3 วินาที หลังจากนั้นออกแรงเหยียดขาขึ้นอย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. พัก 30 วินาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

8. พัก 3 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยน้ำหนักและทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อเหมือนกับชุดที่แล้ว ทำจนครบทั้งหมด 4 ชุด เป็นอันว่าจบการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

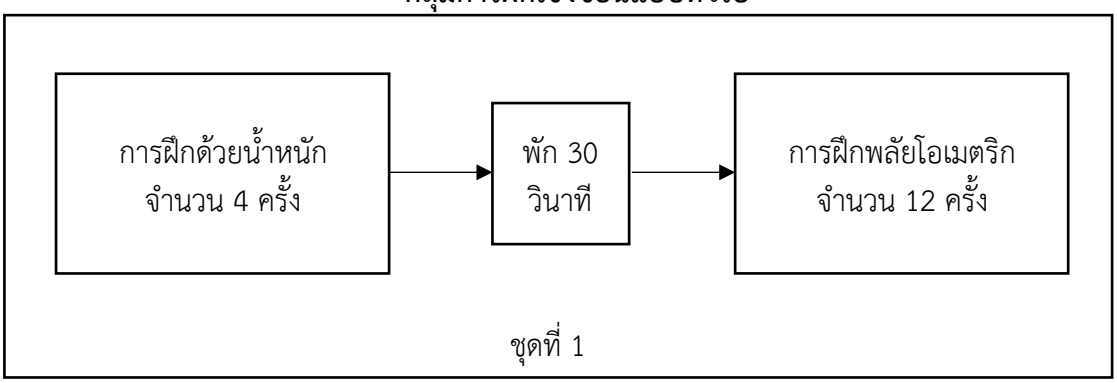


รูปที่ 17 การฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป

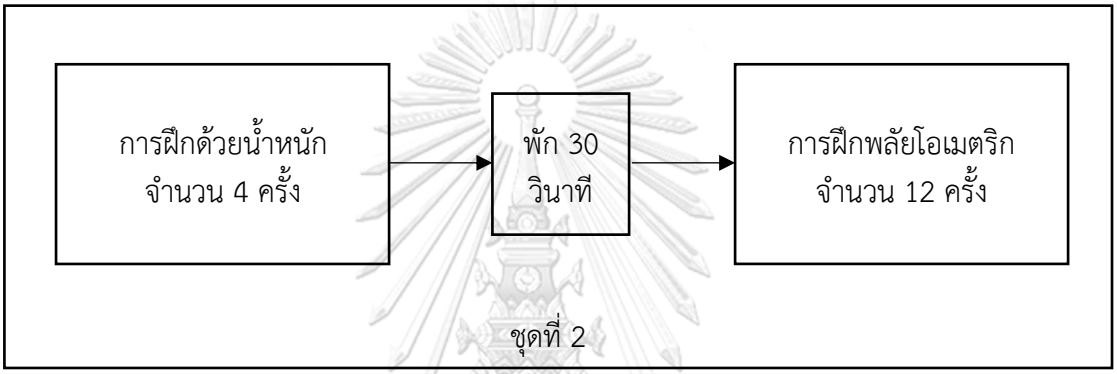
ยืนเตรียมพร้อมโดยที่แบกน้ำหนักบาร์เบลที่กำหนดไว้ (ดังรูปที่ 1A) ย่อตัวลงจนมุมเข่า 90 องศา โดยที่สะโพกต้องสัมผัสกับเชือก (ดังรูปที่ 2B) หลังจากนั้นดันบาร์เบลขึ้นอยู่ในท่าเริ่มต้น (ดังรูปที่ 3C) และทำจนครบจำนวนที่ฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

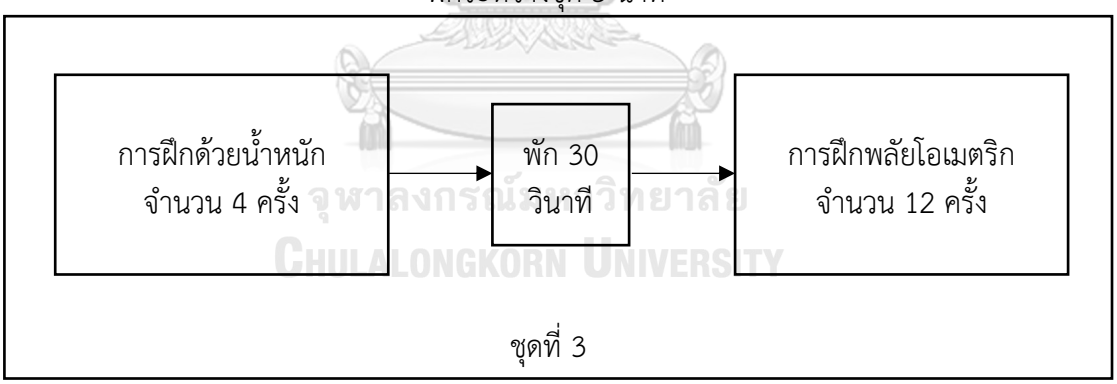
กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป



พักระหว่างชุด 3 นาที

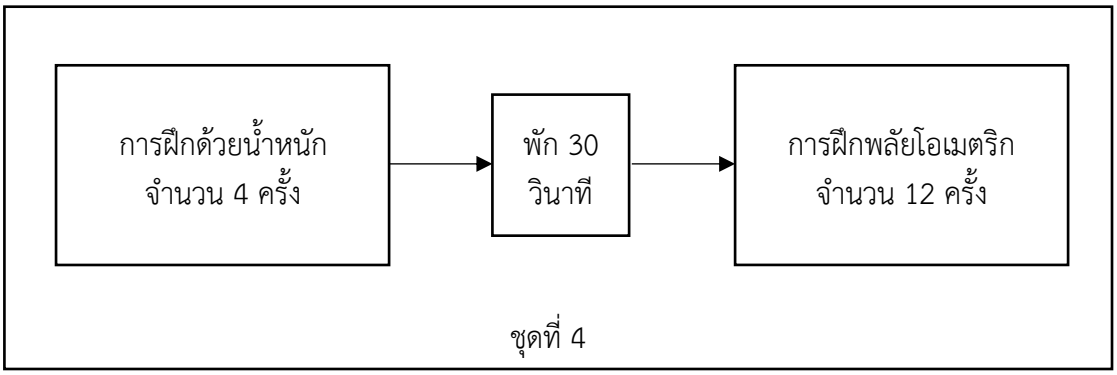


พักระหว่างชุด 3 นาที



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พักระหว่างชุด 3 นาที



ภาคผนวก ง
การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

ตารางที่ 22 การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก

ระยะเวลาในการฝึกโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก	สัปดาห์ที่ 1-6
แบค สควอท ด้วยความหนัก (ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก)	105/90 % หนึ่งอาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	4 ครั้ง
ระยะเวลาในการพักระหว่างท่า	30 วินาที
การฝึกพลัยโอเมตริก (กระโดด**เคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์**)	12 ครั้ง
ระยะเวลาพักระหว่างเซต	3 นาที
จำนวนชุด (เซต)	4 ชุด

1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ใช้เครื่องสมิธแมชชีนในการสควอทควบคู่ไปกับอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ เริ่มต้นโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทดลองสควอทด้วยบาร์เบลที่ไม่ได้ใส่น้ำหนักเพื่อกำหนดจุดวางเท้าที่เหมาะสม ป้องกันไม่ให้เข่ายื่นไปด้านหน้าเกินปลายเท้ามากเกินไปในขณะฝึก พร้อมกับกำหนดความสูงของอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ เพื่อให้ความสูงของอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์สามารถเด้งออกมาจากบาร์เบลได้ในช่วงของการทำท่าแบค สควอท ขณะที่สะโพกสัมผัสกับเชือกที่ขึงไว้ และกำหนดตำแหน่งกั้นของบาร์เบลเพื่อให้มุมของเข่าที่เหมาะสมที่มุม 90 องศา โดยที่สะโพกในขณะย่อลงมาต้องสัมผัสกับเชือกที่ขึงไว้ ถึงจะออกแรงกลับไปสู่ท่าเริ่มต้นได้ และไม่ให้บาร์เบลลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ในขณะฝึกเพื่อป้องกันอันตราย

2. ดันบาร์เบลกลับไปล็อคไว้ ณ ตำแหน่งที่ต่ำกว่าบ่า (Upper fiber of trapezius) เล็กน้อย แล้วให้ผู้ช่วยใส่แผ่นน้ำหนัก ที่ความหนัก 90% ของ หนึ่งอาร์เอ็ม ของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน

3. ให้ผู้ช่วยวิจัยใส่แผ่นน้ำหนักลงในอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์ เพื่อให้เพิ่มความหนักในช่วงของเอกเซ็นตริกที่ 105% ของ หนึ่งอาร์เอ็ม (รูปที่ 19)

4. ให้มีผู้ช่วยข้างละ 1 คน ทำการยกบาร์เบลขึ้นประทับบริเวณบ่าของผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยที่ยังไม่ปล่อยน้ำหนักลง

5. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกร็งกล้ามเนื้อท้องและหลัง แล้วงอเข่าเล็กน้อย โดยผู้เข้าร่วมวิจัยต้องให้สัญญาณเมื่อพร้อม

6. เมื่อผู้วิจัยเข้าร่วมการวิจัยพร้อมให้ผู้ช่วยค่อยๆปล่อยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับน้ำหนักด้วยตัวเองแล้วเริ่มปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

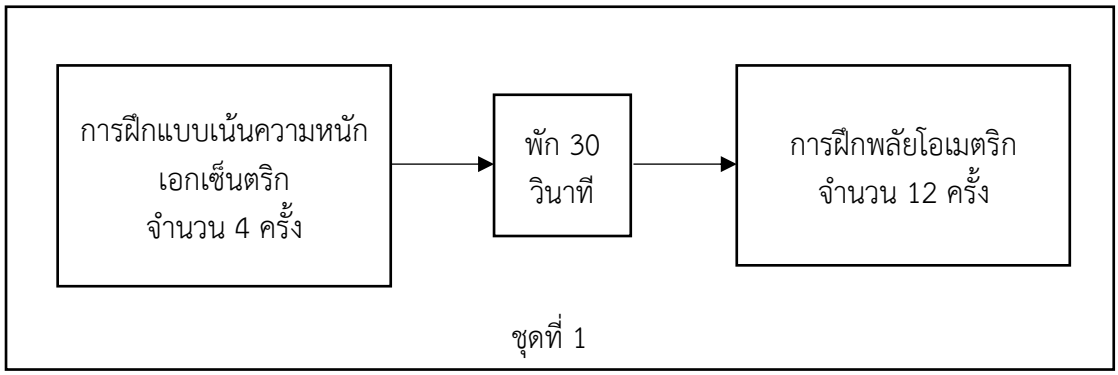
7. โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยย่อลงเมื่อสะโพกสัมผัสกับเชือกแล้ว อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์จะเด้งออกจากบาร์เบล หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดันบาร์เบลขึ้นจึงนับว่าสิ้นสุดครั้งที่ 1 และยืนท่าเริ่มต้นค้างไว้รอจนกว่าผู้ช่วยวิจัยจะใส่อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์กลับไปไว้ที่บาร์เบลเหมือนเดิมจึงสามารถทำครั้งต่อไปได้ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติด้วยจนครบ 4 ครั้ง จึงนับว่าสิ้นสุดการฝึกแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกในท่าแบค สควอท 1 ชุด ทั้งนี้จังหวะในการปฏิบัติผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องกระทำในจังหวะย่อลงจนเข่าทำมุม 90 องศา ใช้เวลา 2-3 วินาที หลังจากนั้นออกแรงเหยียดขาขึ้นอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 17)

8. พัก 30 วินาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยการฝึกพลัยโอเมตริกต่อไป

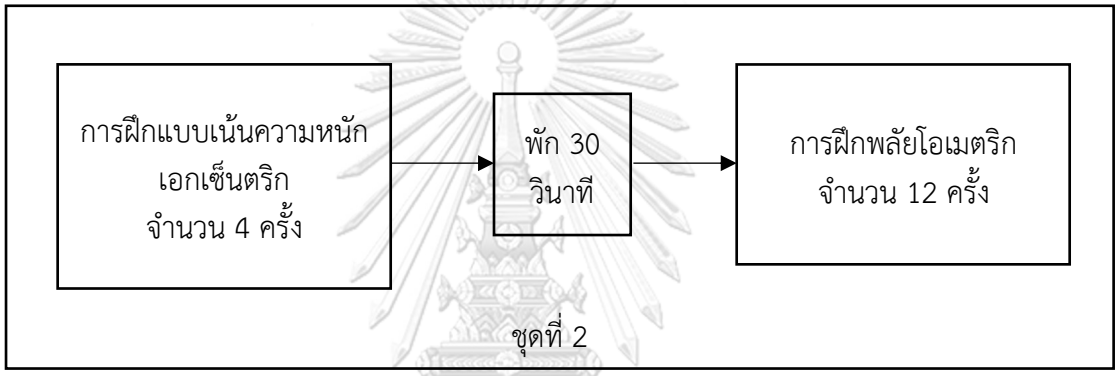
9. พัก 3 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยน้ำหนักและทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อเหมือนกับชุดที่แล้ว ทำจนครบทั้งหมด 4 ชุด เป็นอันว่าจบการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

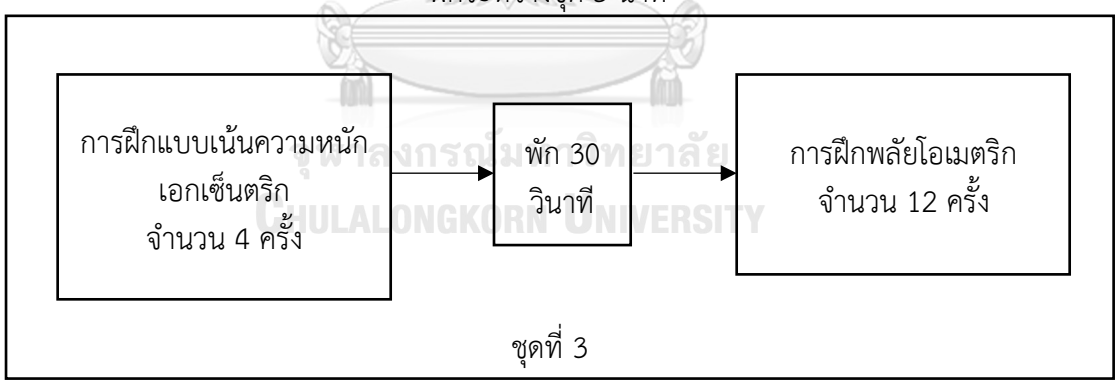
กลุ่มการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก



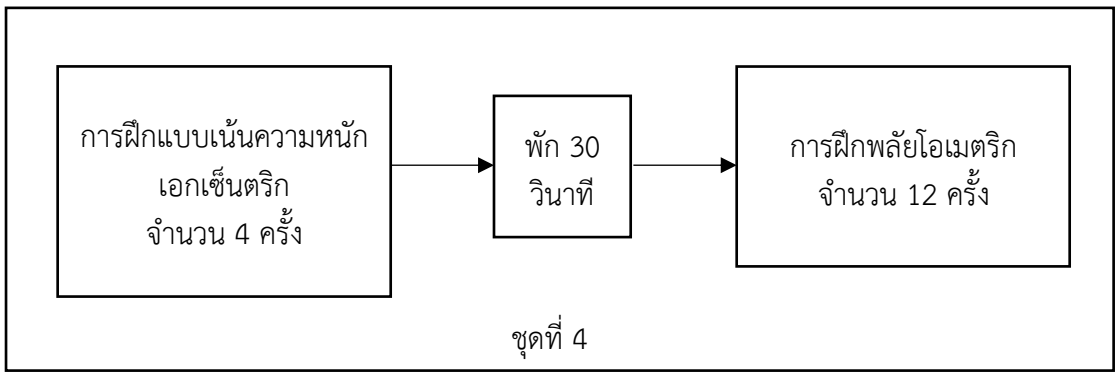
พักระหว่างชุด 3 นาที



พักระหว่างชุด 3 นาที



พักระหว่างชุด 3 นาที



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 18 การฝึกเน้นความหนักแบบเอกเซ็นตริก

ยืนเตรียมพร้อม โดยมีอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์เกี่ยวไว้ที่บาร์เบล (ดังรูปที่ 1A) ย่อตัวลงจนมุมเข่า 90 องศา อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์แตะพื้น และหลุดออกมาจากบาร์เบล (ดังรูปที่ 2B) หลังจากนั้นดันบาร์เบลขึ้นอยู่ในท่าเริ่มต้น (ดังรูปที่ 3C) และรอจนกว่าผู้วิจัยจะใส่อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์กลับไปไว้ที่บาร์เบลเหมือนเดิม และทำจนครบจำนวนที่ฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ
การฝึกพลัยโอเมตริก

ตารางที่ 23 การฝึกพลัยโอเมตริก

ความหนัก	น้ำหนักตัว
จำนวนครั้ง	12 ครั้ง
ระยะเวลาในการพักระหว่างท่า	30 วินาที
ระยะเวลาในการพักระหว่างชุด	3 นาที
จำนวนชุด (เซต)	4 ชุด

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนรอ ณ จุดเริ่มต้นจนกว่าจะครบเวลาพักหลังจากการฝึกด้วยน้ำหนักก่อนหน้า ซึ่งเป็นเวลา 30 วินาที

2. เมื่อครบเวลาให้ผู้เข้าร่วมโดยทำการฝึกพลัยโอเมตริกในการกระโดดในแนวดิ่ง ซึ่งจะใช้ท่ากระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ (รูปที่ 19) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยื่นตัวตรงเอามือทั้ง 2 ข้างลำตัว หลังจากนั้นให้ย่อลงเป็นท่าฮาฟ สควอทและทำการกระโดดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยที่ชูแขนทั้ง 2 ข้าง ขึ้นเหนือหัว โดยในแต่ละครั้งให้กระโดดด้วยความพยายามสูงสุดในทั้งความเร็ว และความสูงในการกระโดด

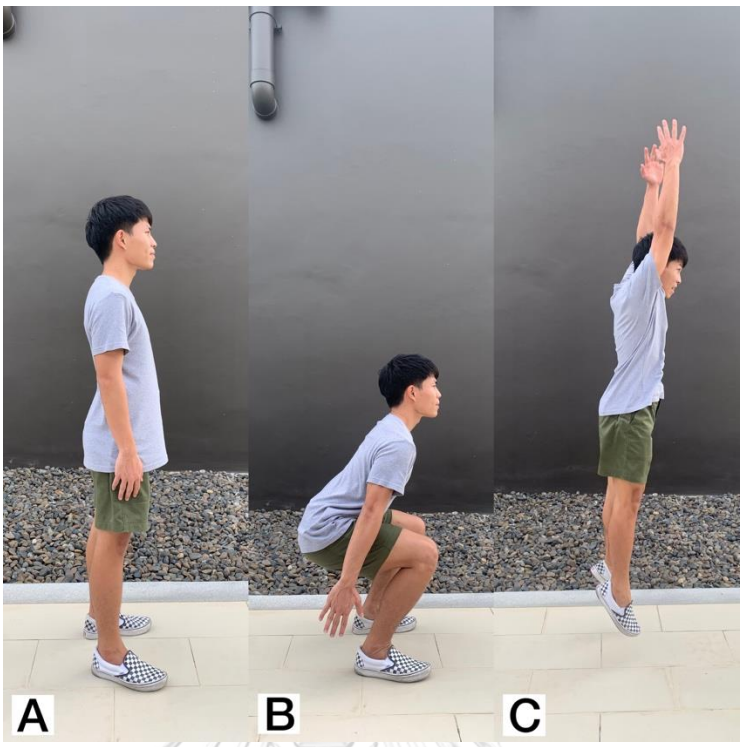
3. ปฏิบัติจนครบ 12 ครั้ง โดยนับจากการกระโดดแต่ละครั้ง

4. เมื่อปฏิบัติครบ 12 ครั้งจึงนับว่าสุดการฝึกพลัยโอเมตริก 1 ชุด

5. ทำทั้งหมด 4 ชุด จึงจะจบการฝึกพลัยโอเมตริก

6. พัก 3 นาที เมื่อครบแล้วให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการฝึกด้วยน้ำหนักและทำการฝึกพลัยโอเมตริกต่อเหมือนกับชุดที่แล้ว ทำจนครบทั้งหมด 4 ชุด เป็นอันว่าจบการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 19 การฝึกกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์

ยืนตัวตรงในท่าเตรียมความพร้อม (ดังรูปที่ 3A) หลังจากนั้นย่อลงเป็นมุม 90 องศา (ดังรูปที่ 3B) และออกแรงกระโดดขึ้นจากพื้นด้วยความพยายามสูงสุด (ดังรูปที่ 3C) เมื่อลงมาสู่พื้นแล้วพยายามกระโดดขึ้นให้เร็วที่สุดต่อเนื่องจนกว่าจะครบจำนวนที่ฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ
การทดสอบหาค่าความหนักสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง ในท่าแบค สควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน

การหาค่า หนึ่งอาร์เอ็ม ในท่าแบค สควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีนในครั้งนี้จะเป็นการหาค่าหนึ่งอาร์เอ็ม ด้วยวิธีทางตรงตามวิธีของ National strength and conditioning association (Haff and Triplett, 2015) ซึ่งวิธีนี้ค่า ความหนักสูงสุดที่ยกได้หนึ่งครั้ง จะถูกวัดภายใน 3-5 เซตของการทดสอบ

1. อธิบายให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจถึงวิธีการปฏิบัติและข้อกำหนดในการทดสอบหาค่า หนึ่งอาร์เอ็ม
2. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายโดยการใช้น้ำหนัก ต้องประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้ไม่เกิน 5-10 ครั้ง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยพักหลังการอบอุ่นร่างกาย 2 นาที
4. ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยอบอุ่นร่างกายโดยการใช้น้ำหนัก ประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้ไม่เกิน 4 ครั้ง โดยใส่แผ่นน้ำหนักเพิ่มขึ้น 5-10 กิโลกรัม
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยพักหลังการอบอุ่นร่างกาย 4 นาที
6. ประมาณน้ำหนักที่คาดว่าจะปฏิบัติได้เพียง 1 ครั้ง โดยใส่แผ่นน้ำหนักเพิ่มขึ้นอีก 5-10 กิโลกรัม
7. หากผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถปฏิบัติได้ เกิน 1 ครั้ง จะให้พัก 4 นาที แล้วปฏิบัติตามข้อ 6 อีกครั้ง
8. ให้มีการเพิ่มน้ำหนักตามขั้นตอนจนกว่าจะได้น้ำหนักที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถยกได้เพียงหนึ่งครั้งด้วยเทคนิคในการยกที่ถูกต้อง

หมายเหตุ : เทคนิคการยกที่ถูกต้องคือสามารถทำการยกได้โดยไม่มีการพยายามชดเชยแรงจากกล้ามเนื้อส่วนอื่น เช่นการใช้กล้ามเนื้อหลังหรือการใช้กล้ามเนื้อน่องโดยการเขย่งเท้าเข้าช่วย เป็นต้น และสามารถยกได้โดยไม่มีการสั่นที่มากเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช
อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 20 อุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีเลสเซอร์

ภาคผนวก ซ
การทดสอบเก็บข้อมูลก่อนการฝึกและหลังการฝึก 6 สัปดาห์

การเก็บข้อมูลทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึก ผู้วิจัยจะแบ่งการเก็บข้อมูลเป็นสองวัน โดยลำดับการเก็บข้อมูลมีดังนี้

ตารางที่ 24 ตารางการเก็บข้อมูลก่อนการฝึกและหลังการฝึก

การทดสอบวันที่ 1	1. การทดสอบพลังสูงสุด
	2. การทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง
	3. การทดสอบความเร็วในการวิ่งสูงสุด
การทดสอบวันที่ 2	1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 1.1 ความแข็งแรงสัมพัทธ์ 1.2 แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า 1.3 แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า

หมายเหตุ :

1. ต้องมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ข.) ก่อนการเริ่มต้นการทดสอบแรกในแต่ละวัน
2. การทดสอบที่อยู่ภายในวันเดียวกันต้องมีระยะพักระหว่างการทดสอบเป็นเวลา 10 นาที เพื่อป้องกันปัจจัยแทรกซ้อนจากการทดสอบก่อนหน้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายละเอียดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. การทดสอบพลังสูงสุด (Cook et al., 2013)

การทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ทดสอบโดยใช้เครื่องตรวจรับแรงกระแทก

วิธีการทดสอบ

1.1 ติดตั้งและเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์เครื่องรับแรงกระแทก

1.2 ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ข.) แล้วทำท่าสควอทด้วยน้ำหนักตัว 10 ครั้ง แล้วพัก 3 นาที

1.3 ผู้วิจัยจะทำการอธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ

1.4 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนบนแผ่นตรวจรับแรงกระแทก โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเอามือเท้าเอวพร้อมกับแยกเท้าให้กว้างประมาณช่วงไหล่ สายตามองตรงไปข้างหน้า

1.5 เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการย่อเข่าลงโดยทำมุมประมาณ 90 องศา แล้วกระโดดขึ้น ด้วยความเร็วสูงสุดและแรงสูงสุดให้สูงที่สุด 3 ครั้งต่อเนื่อง โดยที่มือทั้งสองข้างห้ามหลุดออกจากเอว และขณะลงสู่พื้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยลงด้วยเท้าทั้งสองข้างพร้อมกัน

1.6 โดยผู้วิจัยจะทำการกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำเต็มที่ทุกครั้ง

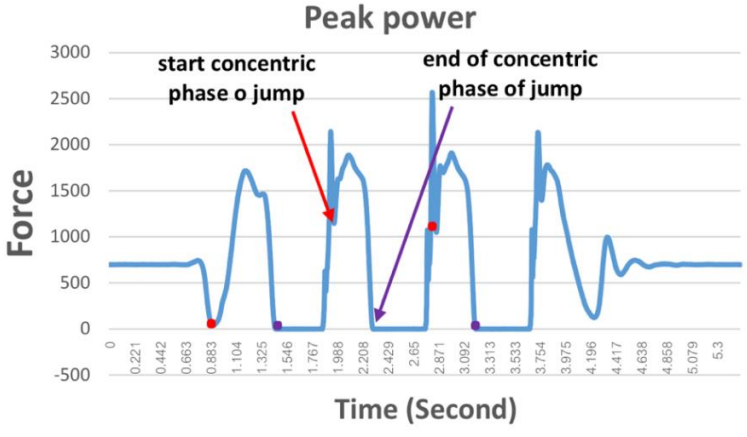
1.7 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกปฏิบัติให้เข้าใจ ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริง

1.8 ทำการทดสอบทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 2 นาที เป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบ

1.9 เก็บข้อมูลพลังสูงสุด (Peak power) โดยเลือกจากการกระโดดครั้งที่ได้พลังสูงสุดที่มากที่สุดค่าเดียว จากการกระโดด 3 ครั้ง จากเครื่องมือเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล (มีหน่วยเป็น วัตต์)

1.10 สมการคำนวณพลังของกล้ามเนื้อขา

โดย **Power = Force X Velocity**



รูปที่ 21 แบบทดสอบพลังสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (Beattie et al., 2016)

การทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง ทดสอบโดยใช้เครื่องตรวจรับแรงกระแทกและเสต็ป บ็อกซ์ ที่ความสูง 40 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ

2.1 ผู้วิจัยติดตั้งและเตรียมพร้อมเครื่องตรวจรับแรงกระแทก และเสต็ป บ็อกซ์ที่ความสูง 40 เซนติเมตร

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ข.) แล้วตามด้วยสควอทด้วยน้ำหนักตัวจำนวน 10 ครั้ง แล้วพัก 3 นาที

2.3 ผู้วิจัยจทำการอธิบายวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ โดยเน้นย้ำว่าเมื่อเท้าสัมผัสพื้นจะต้องกระโดดขึ้นให้เร็วที่สุดและสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ พร้อมกับผู้วิจัยจะทำการกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำเต็มที่ทุกครั้ง

2.4 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนบนเสต็ป บ็อกซ์ บริเวณขอบของเสต็ป บ็อกซ์

2.5 เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้วิจัย ทำการยื่นเท้าข้างที่ถนัดเลยขอบสเต็ป บ็อกซ์ไปแล้วใช้เท้าอีกข้างหนึ่งดันตัวเองออกไปให้หล่นจากเสต็ป บ็อกซ์

2.6 ขณะลงสู่พื้นให้ลงด้วยเท้าทั้งสองข้างพร้อมกันและกระโดดขึ้นทันทีอย่างรวดเร็วและแรง โดยที่มือไม่หลุดจากเอว

2.7 เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณจากผู้เข้าร่วมการวิจัยให้ก้าวออกจากแผ่นตรวจรับแรงกระแทก แล้วเริ่มต้นทำตั้งแต่ข้อ 4 อีกครั้ง

2.8 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกปฏิบัติให้เข้าใจ ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริง

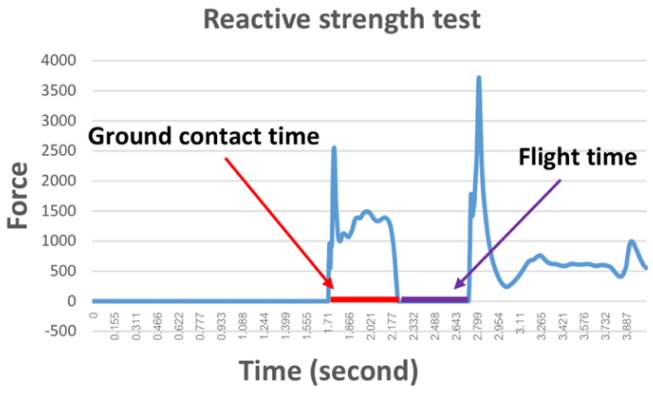
2.9 ทำการกระโดดทั้งหมด 3 ครั้ง (ทำที่ละครั้ง) เมื่อครบ 3 ครั้ง ถือว่าเป็นเสร็จสิ้นการทดสอบ

2.10 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น นิวตันต่อวินาที)

2.11 สมการคำนวณดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง (Patterson and Caulfield, 2010)

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

โดย **Jump height** = $\frac{\text{Gravity} \times \text{Flight time}^2}{}$



รูปที่ 22 แบบทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร (Gabbett, 2000)

การทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร ทดสอบโดยใช้เครื่อง Swift SpeedLight timing gate

วิธีการทดสอบ

3.1 ผู้วิจัยติดตั้งอุปกรณ์ Swift SpeedLight timing gate ที่จุดออกตัว และจุดที่ระยะ 40 เมตร จากจุดออกตัว (รูปที่ 20)

3.2 ผู้วิจัยจะทำการอธิบายวิธีการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าใจ

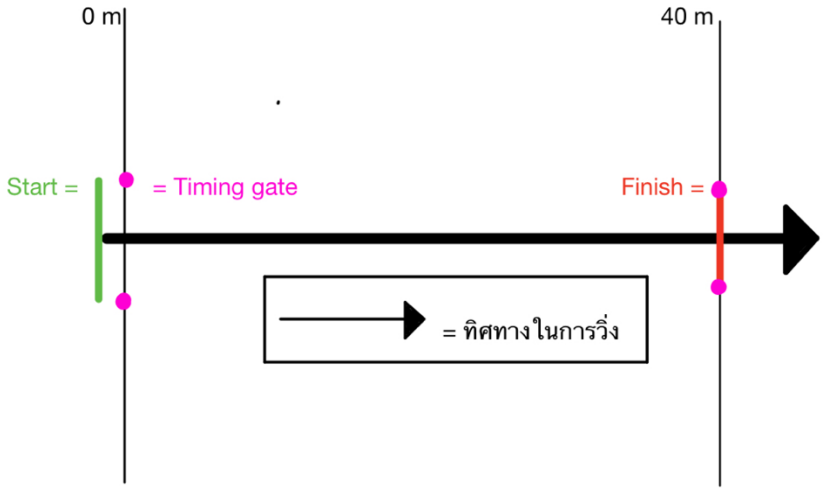
3.3 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการยืดเหยียดและอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ข.)

3.4 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 1 นาที แล้วยืนรอ เตรียมพร้อมออกตัว ณ จุดออกตัวด้านหลังกล้องเล็กน้อย

3.5 เมื่อผู้วิจัยให้สัญญาณ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกตัววิ่งเมื่อพร้อม โดยการวิ่งจะต้องวิ่งให้เร็วที่สุด โดยผู้วิจัยจะทำการกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำเต็มที่ทุกครั้ง และจะชะลอเพื่อหยุดเมื่อเลยระยะ 40 เมตร จากจุดเริ่มต้นแล้ว

3.6 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกปฏิบัติให้เข้าใจ ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริง

3.7 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยพัก 3 นาที แล้วทำการทดสอบซ้ำ โดยจะทำการสอบ 2 ครั้ง โดยผู้วิจัยจะเลือกผลจากครั้งที่ดีที่สุด แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น วินาที)



รูปที่ 23 แบบทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร

4. การทดสอบแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า และแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า

ทำการทดสอบด้วยเครื่องไอโซคิเนติก (Scott et al., 2014)

วิธีการทดสอบ

4.1 ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเครื่องไอโซคิเนติก โดยหลังชิดพนักผิงลำตัวตรง สะโพกทำมุม 90 องศา

4.2 จัดตำแหน่งไดนาโมให้แกนหมุนของเครื่องตรงกับแลทเทอรัล คอนไดล์ (Lateral condyle)

4.3 ติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย รัดเข็มขัดบริเวณต่างๆ ให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการเคลื่อนไหวบริเวณอื่น โดยมือจะไขว้กันและจับเข็มขัดที่หน้าอก

4.4 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งสองแบบจะกำหนดความเร็วเชิงมุมที่ 60 องศาต่อ วินาที ช่วงของการเคลื่อนไหวจะกำหนดให้ใกล้เคียง 90 องศา มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.5 การทดสอบแรกเป็นทดสอบความแข็งแรงของแรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า

4.6 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการวอร์มอัพ และฝึกปฏิบัติให้เข้าใจ ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริงด้วยการเตะขา 3 ครั้ง

4.7 จากนั้นผู้วิจัยจะบอกผู้เข้าร่วมการวิจัยว่าให้ออกแรงเตะขาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้วเริ่มการทดสอบ พร้อมกับกระตุ้นผู้เข้าร่วมการวิจัยไปด้วย ทำเตะขาทั้งหมด 3 ครั้ง โดยพักระหว่างครั้ง 25 วินาที

4.8 จากนั้นจะเป็นการทดสอบความแข็งแรงของแรงบิดสูงสุดของการงอเข่า

4.9 ผู้วิจัยบอกผู้เข้าร่วมการวิจัยว่าให้ออกแรงต้านทานมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้วเริ่มทำการทดสอบ พร้อมกับกระตุ้นผู้เข้าร่วมการวิจัยไปด้วย ทำการทดสอบ 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 25 วินาที

4.10 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ (มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฌ
ตารางบันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

วันที่..... เดือน.....พ.ศ..... เวลา.....

เลขรหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

การทดสอบหาค่า หนึ่งอาร์เอ็ม ในท่าแบค สควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน

ก่อนการทดสอบ	หลังการทดสอบ

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การทดสอบ	ก่อนการทดสอบ	หลังการทดสอบ
แรงบิดสูงสุดของการเหยียดเข่า		
แรงบิดสูงสุดของการงอเข่า		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดสอบดัชนีปฏิกิริยาความแข็งแรง

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

การทดสอบพลังสูงสุด

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

การทดสอบความเร็วระยะ 40 เมตร

ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้บันทึกข้อมูล

(.....)

ภาคผนวก ญ
แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน

ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบการฝึกเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย
วันที่...../...../..... รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความหลับ และใช้ในงานวิจัยเท่านั้น

1. **ข้อมูลทั่วไป**

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง..... เซนติเมตร
ดัชนีมวลกาย (BMI)..... มวลกล้ามเนื้อ.....กิโลกรัม มวลไขมัน..... กิโลกรัม
เคยเข้าร่วมการแข่งขันรักบี้ฟุตบอลชิงแชมป์แห่งประเทศไทยในระดับอุดมศึกษา

☐ เคย ☐ ไม่เคย

เคยเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัย

☐ เคย ☐ ไม่เคย

2. **ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้เข้าร่วมการวิจัย**

2.1 ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ มี ☐ ไม่มี

(ถ้ามี โปรดระบุ).....

2.2 ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น หรือกระดูก บริเวณหลัง ลำตัว สะโพก และ ขา หรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

3. **คุณสมบัติทางด้านร่างกาย**

ความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) ในท่าแบค สควอทด้วยเครื่องสมิธแมชชีน

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. สรุปคุณสมบัติ

☐ ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัย

หมายเหตุ ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนเข้าร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการสร้างความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อและมีของที่ระลึกมอบให้ โดยของที่ระลึกเป็นกระติกน้ำของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

(นายพงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ
การประเมิณคุณภาพ IOC

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.อภิลักษณ์ เทียนทอง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมิน IOC
ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก
การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์
(Index of Item Objective Congruence; IOC)

คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก โปรแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบทั่วไป จากโครงการวิจัยเรื่องผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

โดยใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องความคิดเห็นของท่ายพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
โปแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก				
1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในท่าฮาล์ฟ สควอท โดยทำมุมเข่าที่ 90 องศา ด้วยเครื่องสมิธแมชชีน และใส่อุปกรณ์เสริมน้ำหนัก รีลีสเซอร์				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
2. อุปกรณ์ปรับระดับในท่าฮาล์ฟสควอท เพื่อให้ได้มุมเข่าที่ 90 องศา				
3. ความหนักในการฝึก ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก ที่ 105/90% ของ 1RM				
4. จำนวนครั้งที่ปฏิบัติ 4 ครั้ง				
5. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก 30 วินาที				
6. ฝึกพลัยโอเมตริก ท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ จำนวนปฏิบัติ 12 ครั้ง ในจังหวะที่เร็วที่สุดและสูงที่สุด				
7. จำนวนชุดในการฝึก 4 ชุด				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	ผลการพิจารณา			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ข้อเสนอแนะ
8. ระยะเวลาในการพักระหว่างชุด 3 นาที				
9. ความถี่ในการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์				
10. ระยะในการฝึก 6 สัปดาห์				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมิน

(.....)

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก **การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)**				
เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3	เฉลี่ย
โปแกรมการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก				
1. การฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริก ในท่าฮาล์ฟส ควอท โดยทำมุมเข่าที่ 90 องศา ด้วยเครื่องสมิธแมชชีน และใส่อุปกรณ์เสริมน้ำหนัก รีลีสเซอร์ 	**1**	**1**	**1**	**1**
2. อุปกรณ์ปรับระดับในท่าฮาล์ฟสควอท เพื่อให้	**1**	**1**	**1**	**1**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)				
เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3	เฉลี่ย
ได้มุมเข่าที่ 90 องศา				
3. ความหนักในการฝึก ช่วงเอกเซ็นตริก/ช่วงคอนเซ็นตริก ที่ 105/90% ของ 1RM	**1**	**1**	**1**	**1**
4. จำนวนครั้งที่ปฏิบัติ 4 ครั้ง	**0**	**1**	**1**	**0.6**
5. ระยะเวลาพักก่อนการฝึกพลัยโอเมตริก 30 วินาที	**1**	**1**	**1**	**1**
6. ฝึกพลัยโอเมตริก ท่าการกระโดดแบบเคาน์เตอร์มูฟเม้นท์จั้มพ์ จำนวนปฏิบัติ 12 ครั้ง ในจังหวะที่เร็วที่สุด และสูงที่สุด	**1**	**1**	**1**	**1**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)				
เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3	เฉลี่ย
7. จำนวนชุดในการฝึก 4ชุด	**1**	**1**	**1**	**1**
8. ระยะเวลาในการพักระหว่างชุด 3 นาที	**1**	**1**	**1**	**1**
9. ความถี่ในการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์	**1**	**1**	**1**	**1**
10. ระยะในการฝึก 6 สัปดาห์	**1**	**1**	**1**	**1**
รวม	**0.9**	**1**	**1**	**0.96**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

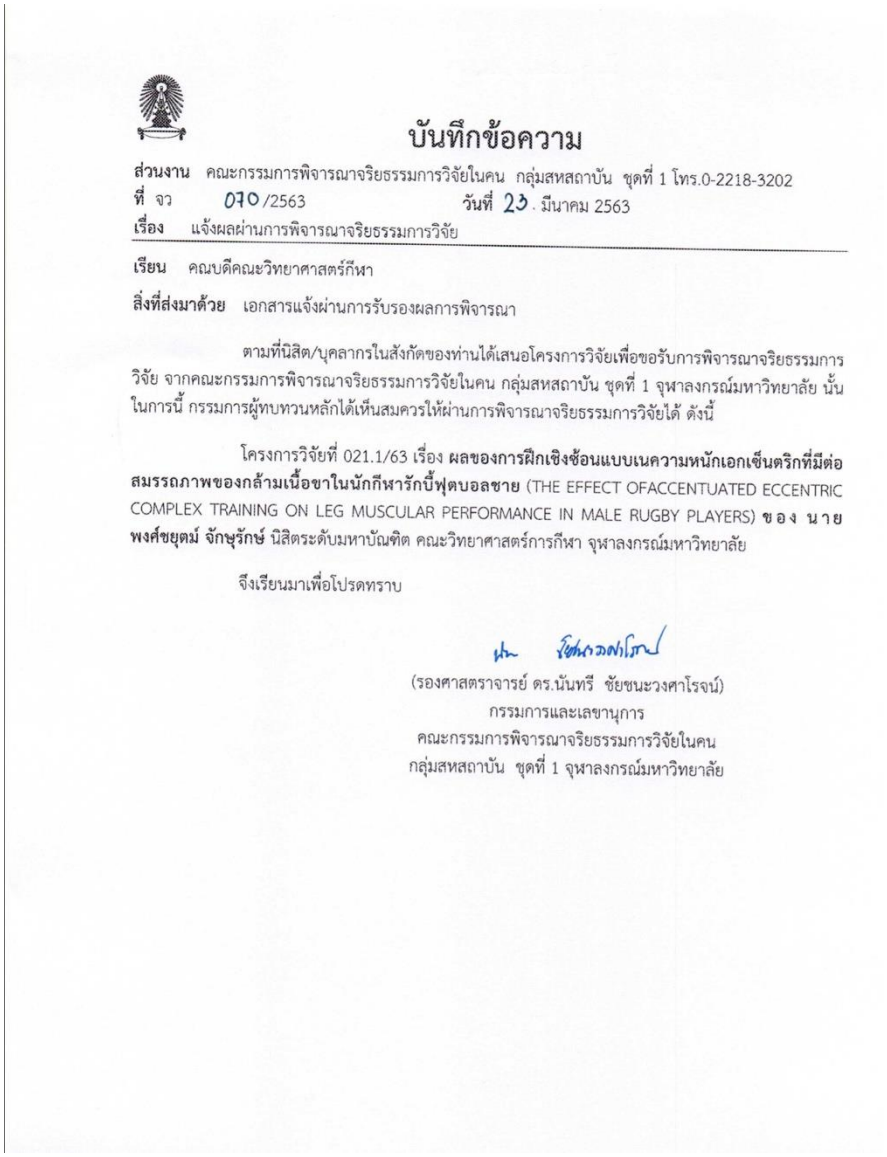
ภาคผนวก ฏ
งบประมาณในงานวิจัย

ตารางที่ 23 งบประมาณในงานวิจัย

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. หมวดค่าตอบแทน	
1.1 ค่าชดเชยการเสียเวลาผู้เข้าร่วมวิจัย และค่าเดินทางของผู้เข้าร่วมวิจัย (16วัน x 30 คน x 100 บาท)	48,000
รวมหมวดค่าตอบแทน	48,000
2. หมวดค่าจ้างชั่วคราว	
2.1 ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย เหมาจ่าย 3,000 บาท x 2	6,000
รวมหมวดค่าจ้างชั่วคราว	6,000
3. หมวดค่าอุปกรณ์	
3.1 ค่าอุปกรณ์เสริมน้ำหนักรีลีสเซอร์	7,000
3.2 อุปกรณ์ปรับระดับในท่าฮาล์ฟส ควอท	1,500
รวมหมวดค่าอุปกรณ์	8,500
4. หมวดค่าใช้สอยอื่นๆ	
4.1 ค่าของว่าง น้ำดื่มและเครื่องดื่มเกลือแร่ของผู้เข้าร่วมวิจัย (16 วัน x 30 คน x 37 บาท)	17,760
4.2 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	5,000
รวมหมวดค่าใช้สอยอื่นๆ	22,760
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)	85,260

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฐ
ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3202
ที่ จว 070/2563 **วันที่** 23 มีนาคม 2563
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์กีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

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

โครงการวิจัยที่ 021.1/63 เรื่อง **ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเนความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย** (THE EFFECT OFACCENTUATED ECCENTRIC COMPLEX TRAINING ON LEG MUSCULAR PERFORMANCE IN MALE RUGBY PLAYERS) **ของ นาย พงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์** นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศ์โรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AF 02-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 078/2563

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 021.1/63 : ผลของการฝึกเชิงซ้อนแบบเน้นความหนักเอกเซ็นตริกที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชาย

ผู้วิจัยหลัก : นายพงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณาโดยใช้หลักของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2556, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

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

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

วันที่รับรอง : 20 มีนาคม 2563 **วันหมดอายุ** : 19 มีนาคม 2564

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม
5) ใบประชาสัมพันธ์

เลขที่โครงการวิจัย 021.1/63
วันที่รับรอง 20 มี.ค. 2563
วันหมดอายุ 19 มี.ค. 2564

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 ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณาวิจัยรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 02-14) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพงศ์ชยุตม์ จักษุรักษ์
วัน เดือน ปี เกิด	23 กันยายน พ.ศ.2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานครฯ
วุฒิการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560
ที่อยู่ปัจจุบัน	12/39 หมู่บ้านวิชั่นวิลล์ 4 ซ.สามมัคคี 34 ถ.สามัคคี ต.ท่าทราย อ.เมือง จ. นนทบุรี 11000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University